



DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

BACHELOROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering:
Byggingeniør – Teknisk planlegging

Vår-semesteret, 2021

Åpen / ~~Konfidensiell~~

Student/studenter:
Joakim Skjelde
Marius Evanger Voss

.....*Joakim Skjelde*.....
.....*M.E. Voss*.....
signatur (er)

Faglig ansvarlig: Ari Krisna Mawira Tarigan

Veileder(e):
Ari Krisna Mawira Tarigan, UiS
Truls Kolnes, COWI
Lise Berit Rugland, COWI

Tittel på oppgaven:

Håndtering av overvannsmengder fra byggetrinn-2 av nytt universitetssykehus i Stavanger

Studiepoeng: 20

Emneord:
Overvannshåndtering
Veg prosjektering
VA prosjektering

Sidetall: 115
+ vedlegg/annet: 111

Stavanger, 15.05.2021

Innholdsfortegnelse

I. Forord	4
II. Sammendrag	5
III. Abstract	6
IV. Figurliste	7
V. Tabelliste	10
VI. Vedleggsliste	12
VII. Sentrale begreper	13
1. Innledning	17
1.1. Bakgrunn	17
1.2. Problemstilling	18
1.3. Oppgavens formål	18
2. Prosjektområdet	18
2.1. Universitetsområdet på Ullandhaug	18
2.2. Prosjektets beliggenhet og terreng	20
2.3. Gjeldende reguleringsplaner og beregningsgrunnlag	22
3. Teori	23
3.1. Underliggende teori	23
3.1.1. Klima	23
3.1.2. Viktige faktorer for god overvannshåndtering	24
3.1.3. Overvannshåndtering og veg	30
3.2. Nedbør	31
3.3 Beregningsmetoder	34
3.3.1. Den rasjonelle metode	34
3.3.3. Regnhyetogram	35
3.3.4. Tid-areal metoden	36
3.3.5. Manning's formel	37
3.3.6. Colebrook white's formel	38
3.3.7. Regnvelop metoden	38
3.3.8. Konsentrasjonstid	39
3.4 Digitale verktøy	39
3.5. Rammer	43
3.5.1. Kapasitet til kulvert	43
3.5.2. Grannesbekken	43
3.5.3. Grannesbukta	44
4. Veg	45

4.1 Navnsetting av vegmodeller	45
4.2 Horisontal utforming av vegene	46
4.3 Ønsket avrenning.....	47
4.4 Vertikal utforming av vegene.....	48
4.5 Tverrprofil	49
4.6 Mengderapport	50
4.7 Forurensing.....	51
4.8 Avrenning i SCALGO.....	52
5. Overvann	53
5.1 Regnforløp og målestasjoner.....	53
5.2 Avrenning.....	62
5.3 Overvannsledninger og kummer	70
5.3.1 Det prosjekterte ledningsnettet for byggetrinn-2.....	70
5.3.2 Oppbygning av grøftesnitt.....	71
5.3.3 Valg av ledningsdimensjoner- og materiale	73
5.3.4 Dimensjoner og materiale på kummer.....	74
5.3.5 Teoretisk- og utført tverrsnitt for grøft.....	76
5.3.6 Plassering av overvannsledninger og kummer	77
5.3.7 Prosjektert fall på ledningene	79
5.4 Fordrøyning.....	83
6. Flom.....	94
6.1 Flomkapasitet på veg.....	94
6.2 Analyse av overvann på området i flomsituasjon.....	97
7. Blågrønn faktor	100
7.1 Trær på området	100
7.2 Beregning av blågrønn-faktor.....	102
8. Diskusjon.....	105
8.1 De prosjekterte løsninger og tre-trinnstrategien	105
8.2 Valg og bruk av metoder	105
8.3 Nødvendige vurderinger og verktøy.....	107
8.4 Krav om blågrønn faktor	107
8.5 Rensetiltak og forurensing	108
8.6 Digitale verktøy.....	109
9. Konklusjon	110
10. Referanser.....	111

I. Forord

Denne bacheloroppgaven er blitt skrevet av Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss, og markerer slutten av et treårig byggingeniørstudie ved Universitetet i Stavanger. Oppgavens tema ble valgt på bakgrunn av en felles interesse for vegplanlegging og vann- og avløpsteknikk, fag vi har vært innom i studieretningen teknisk planlegging. Oppgaven er gitt av COWI Stavanger og omhandler et av byggetrinnene ved utbyggingen av det nye universitetssykehuset i Stavanger.

Vi vil gjerne takke veileder Ari Krisna Mawira Tarigan som også er fagansvarlig i både vegplanlegging og vann- og avløpsteknikk, for gode tilbakemeldinger og veiledning i oppgaven. Opplæring i programvaren Novapoint, har vi fått fra Kjartan Gidskehaug, faglærer i vegplanlegging, som også satte oss i kontakt med COWI.

Fra COWI vil vi gjerne takke Trygve Alexander Lende, Truls Kolnes, Lise Berit Rugland og Mats Bakken, for god veiledning og faglig innsikt. Spesiell takk til Truls og Lise Berit som har vært veiledere på henholdsvis veg og VA. Lise Berit har også bidratt med gode tips for ferdigstilling av oppgaven.

I tillegg vil vi også takke Cecilie Andberg-Moum, Mia Thun og Helle Blindheim Strandhagen fra arkitektfirma SLA for gjennomgang av BGF på området, samt deling av data for trær. Vi ønsker også å takke Hampus Åkerblom for lisens til programvaren SCALGO.

Helt til slutt vil vi takke venner og familie for støtte gjennom studietiden og skrivingen av denne oppgaven.

II. Sammendrag

På universitetsområdet i Stavanger skal det bygges et nytt universitetssykehus.

Utbyggingsprosjektet deles inn i flere byggetrinn, hvor gjennomføringen av hver av disse har en rekke utfordringer med tanke på blant annet overvann. Denne oppgaven omhandler overvannshåndtering for området i byggetrinn-2 av dette prosjektet, og prosjektering av nødvendig infrastruktur. For at det skal være mulig å foreslå gode løsninger for overvannproblematikken, har det vært nødvendig å se på avrenning, flom, fordrøyning, veg, blågrønne verdier, forurensing og den planlagte bebyggelsens påvirkning på området. Oppgaven er strukturert i den rekkefølgen resultater og analyser er gjennomført, og kapittelinnstillingen er derfor til en viss grad ukonvensjonell. Dette er fordi enkelte av resultatene er avhengig av analysene, og motsatt hvor det har vært nødvendig med enkelte av resultatene for å gjennomføre videre analyser. Disse to kapitlene er derfor ikke separert, og oppbygningen er derfor etter tema. Etter innledende kapitler, kommer veg hvor utforming forklares, deretter overvann, beregning tilknyttet dette, og beskrivelse av valgene som er gjort med tanke på prosjektering av overvannssystemer. Videre kommer flom, analyser tilknyttet dette, så blågrønn faktor og til slutt en diskusjonsdel. Den nødvendige infrastrukturen, er projektert underveis i prosjektet ved bruk av programvarene Novapoint og AutoCAD, og de tekniske tegningene av veg og VA ligger i vedlegg 1. I tillegg til disse programmene har også SCALGO blitt brukt, da for analyser og kartlegging av avrenningslinjer og mønstre.

III. Abstract

A new university hospital will be built on the university grounds in Stavanger. The development project is divided into several construction stages, where the implementation of each of these has its own challenges with regard to, among other things, surface water. This thesis deals with surface water management for the area in the second construction phase of this project, and the design of necessary infrastructure. In order to propose good solutions to the surface water problems, it has been necessary to examine run-off, flooding, retention, roads, blue-green values, pollution and the impact of the planned buildings on the area. The thesis is structured in the order in which results and analyzes have been carried out, and the chapter layout is therefore, to a certain extent, unconventional. This is because some of the results are dependent on the analyzes, and vice versa where some of the results have been necessary to carry out further analyzes. These two chapters are therefore not separated, and the thesis is instead structured with regards to the themes discussed within it. After the introductory chapters, there is a chapter regarding road where its design is explained, followed by surface water, calculations associated with this, and a description of the choices that have been made with regards to designing the surface water systems. Next are the chapter on flooding, analyzes related to this, a chapter on blue-green factor and finally a discussion part. The necessary infrastructure is designed during the project using the softwares Novapoint and AutoCAD, and the technical drawings of the infrastructure are in appendix 1. In addition to these programs, SCALGO has also been used for analyzes and mapping of runoff- lines and patterns.

IV. Figurliste

Figur 1 Prosjektområdets lokasjon (kilde: produsert i Photoshop, (Kartverket, u.d.))	18
Figur 2 Oversikt over universitetsområdet basert på reguleringsplan 2510 (v), Illustrasjonsskisse (h) (kilde: produsert i Photoshop (v) og (Stavanger kommune, 2016) (v og h))	19
Figur 3 Oversikt byggetrinn-2, basert på reguleringsplan 2510 (kilde: produsert i Photoshop, (Stavanger kommune, 2016))	20
Figur 4 Oversikts bilde (v), topografisk kart (h) (kilde: google earth og (COWI, 2021))	20
Figur 5 Løsmassekart (kilde: produsert i Photoshop, (NGU, u.d.))	21
Figur 6 Infiltrasjonskart (kilde: produsert i Photoshop, (NGU, u.d.))	21
Figur 7 Utklipp av reguleringsplan 2510 (kilde: (Kommunekart, u.d.))	22
Figur 8 Nedbørskart for Norge (kilde: (SeNorge, u.d.))	23
Figur 9 Naturlige avrenningsprosesser (kilde: (Byggforsk, 2012))	24
Figur 10 Urbanisering og effekt på avrenningens mengde og intensitet (kilde: (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015) s.31)	25
Figur 11 Treleddsstrategien (kilde: (VA forum, 2020))	26
Figur 12 Konvensjonelt system for håndtering av overvann (kilde: (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015) s.66)	27
Figur 13 Åpen og lokal håndtering av overvann (kilde: (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015) s.66)	27
Figur 14 Nedbørsmålere med tilhørende områder (kilde: produsert i Photoshop, (Stavanger kommune, (b)))	31
Figur 15 Oversikt over nærliggende målestasjoner (kilde: produsert i Photoshop, Excel, (Norsk Klimaservicesenter, u.d.))	31
Figur 16 Alle gjentakintervall 0-24 timer IVF, Madla målestasjon (kilde: (Norsk Klimaservicesenter, u.d.))	32
Figur 17 20 års - og 50 års gjentakintervall 0-24 timer IVF, Madla målestasjon (kilde: (Norsk Klimaservicesenter, u.d.))	32
Figur 18 20 års - og 50 års gjentakintervall 0-60 minutter IVF, Madla målestasjon (kilde: (Norsk Klimaservicesenter, u.d.))	32
Figur 19 Rasjonelle metode formel, med tegnforklaring (kilde: (Ødegaard, et al., 2014))	34
Figur 20 Utrekningmetode for søyler i et regnhyetogram (kilde: (Ødegaard, et al., 2014))	35
Figur 21 Formel, tid-areal metoden (kilde: (Butler & Davies, 2004))	36
Figur 22 Eksempel av konstruert tid-areal diagram for et enkelt overvannsnett (kilde: (Butler & Davies, 2004))	36
Figur 23 Mannings formel, med tegnforklaring (kilde: (Statens Vegvesen, 2020) s.61)	37
Figur 24 Manningsstall for vanlige overflater og materialer (kilde: (Statens Vegvesen, 2020) s.130)	37
Figur 25 Colebrook white's formel (kilde: (UiS, 2021))	38
Figur 26 Regnenvelop formel, med tegnforklaring (kilde: (VA-blad, 2006))	38
Figur 27 Konsentrasjonstid for urbane felt, med tegnforklaring (kilde: (Statens Vegvesen, 2020) s.50)	39
Figur 28 Analyse metoder og parametre for kumulativ avrenning i SCALGO (kilde: produsert i SCALGO)	41
Figur 29 Kumulativ oppsamling ved 25mm nedbør, byggetrinn-2, eksisterende situasjon (kilde: produsert i SCALGO)	42
Figur 30 Avrenning på byggetrinn-2, eksisterende situasjon (kilde: produsert i SCALGO)	42
Figur 31 Oppsamling av overvann på området, eksisterende situasjon (kilde: produsert i SCALGO, Photoshop)	43
Figur 32 Grannesbukta verneområde (kilde: produsert i SCALGO)	44

Figur 33 Navngivning av planlagte veger (kilde: produsert i AutoCAD).....	45
Figur 34 Linjeføring for modellering av veger i Novapoint (kilde: produsert i AutoCAD).....	46
Figur 35 Ønsket avrenning langs veger (kilde: produsert i AutoCAD)	47
Figur 36 Konstruksjon av vertikalgeometri for VEG10000 i Autocad (kilde: produsert i AutoCAD og Novapoint)	48
Figur 37 Forhold mellom fylling og skjæring for VEG10000. Tall i m ³ (kilde: produsert i Novapoint).....	50
Figur 38 Regnhyetogram, Madla (kilde: produsert i Excel)	54
Figur 39 Regnhyetogram (justert med klimafaktor), Madla (kilde: produsert i Excel)	55
Figur 40 Regnhyetogram, Våland (kilde: produsert i Excel)	56
Figur 41 Regnhyetogram (justert med klimafaktor), Våland (kilde: produsert i Excel).....	57
Figur 42 Forskjeller mellom regnhyetogrammene fra Våland og Madla (kilde: produsert i Excel)	58
Figur 43 Forskjeller mellom regnhyetogrammene (justert med klimafaktor) fra Våland og Madla (kilde: produsert i Excel).....	59
Figur 44 Oversikt over nærmeste målestasjoner i regionen (kilde: produsert i Photoshop, (Google, u.d.))	60
Figur 45 Områdets flatetyper og tilhørende avrenningskoeffisienter (kilde: produsert i AutoCAD)	62
Figur 46 Prosjekterte veger (v), tette flater (h), hentet fra Novapoint (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)	64
Figur 47 Tilhørende delområde for overvannshåndtering langs VEG65000, og flatetyper (kilde: produsert i AutoCAD)	67
Figur 48 Kumulativ vannføring under VEG65000 (kilde: produsert i AutoCAD).....	68
Figur 49 Det prosjekterte ledningsnettet (kilde: produsert i Novapoint og Autocad).....	70
Figur 50 Oppbygning av grøft i veg, med soneinndeling (kilde: (Statens Vegvesen, 2018) s.114).....	71
Figur 51 Grøftesnitt med mer overdekning for å simulere plass til øvrige ledninger (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)	72
Figur 52 Ø1000 mm kum med Ø650 mm kjele fra 3D fagmodell i Autocad, O28 (kilde: produsert i AutoCAD og Novapoint)	74
Figur 53 Ø2000 mm kum fra 3D modell i Novapoint. O1 (kilde: produsert i Novapoint).....	75
Figur 54 Prinsipptegning fra COWI, dype kummer (kilde: (COWI, 2021)).....	75
Figur 55 Ø1600 mm kum, O26 (kilde: produsert i Novapoint)	76
Figur 56 Teoretisk grøftesnitt VEG62000 (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)	76
Figur 57 Utført grøftesnitt i VEG62000 (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)	77
Figur 58 Prioritering av kumløkkplassering i veg (kilde: (Statens Vegvesen, 2018) s.80)	78
Figur 59 Planvisning fra Autocad med 4m grense fra bygg (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)	78
Figur 60 Kumløkk i sykkelfelt VEG10000. Novapoint 3D modell (kilde: produsert i Novapoint).....	79
Figur 61 Lengdeprofil og plan av kum O46 (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)	80
Figur 62 Eggformet rør Basal (kilde: (Skjæveland, u.d.))	81
Figur 63 Grøfteprofil i VEG65000 med lite overdekning (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)	81
Figur 64 Bruk av isolasjonsplate i grøftesnitt (kilde: (VA-blad, 2013)).....	82
Figur 65 Lengdeprofil O7-O1, strekning med høyt fall (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)	82
Figur 66 Rør flukter i topp. O1 (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)	83
Figur 67 Plasseringen til utløp og kulvert (kilde: produsert i Novapoint, AutoCAD og Photoshop).....	84

Figur 68 Oversikt over fordrøyningssystemenes soner (kilde: produsert i AutoCAD)	86
Figur 69 Oversikt over påkoblingens område og flatetyper (kilde: produsert i AutoCAD og Photoshop).....	86
Figur 70 Påkobling feltets lengde og høyder (kilde: produsert i Photoshop, (Google, u.d.)) ..	90
Figur 71 Fordrøyningvolum, regnhyetogram, fordrøyningssone 1 (kilde: produsert i Excel).	91
Figur 72 Volum og vinkel for avkortet kjegle (kilde: produsert i Photoshop, (Mathexchange, 2013))	92
Figur 73 Oversikt over fordrøyningssjøer nær Stavanger sentrum (kilde: produsert i Photoshop, (Kartverket, u.d.))	92
Figur 74 Eksempel på fordrøyningssjø (1) i Stavanger (kilde: foto tatt ved utflukt).....	93
Figur 75 Fordrøyningssjø (1), kant (kilde: foto tatt ved utflukt).....	93
Figur 76 Tverrsnittets overflateareal for teoretisk vannføring (kilde: produsert i AutoCAD).	94
Figur 77 Tverrsnitt VEG10000, profil 120 (kilde: produsert i AutoCAD).....	95
Figur 78 Flashflood mapping, 5-20mm (kilde: produsert i SCALGO og Photoshop).....	99
Figur 79 Senterpunkter for trær, før og etter fjerning (kilde: produsert i AutoCAD, (SLA, 2021))	100
Figur 80 Bilde av universitetsområdet før utbygging (kilde: (Google, u.d.))	101
Figur 81 Oversikt områdets BGF flater (kilde: produsert i AutoCAD)	102

V. Tabelliste

Tabell 1 Flatetyper og avrenningskoeffisienter (kilde: (Stavanger kommune, (b)) s.2)	28
Tabell 2 Normtall for total BGF (kilde: (Plan- og bygningsetaten, 2020) s.5)	29
Tabell 3 Krav for total BGF på byggetrinn-2 (kilde: produsert i Excel).....	29
Tabell 4 Områdets plassering og dimensjonerende gjentakintervall (kilde: (Stavanger kommune, (b))).....	33
Tabell 5 IVF-Verdier fra Madla målestasjon (kilde: produsert i Excel, (Norsk Klimaservicesenter, u.d.))	33
Tabell 6 IVF-Verdier fra Våland målestasjon (kilde: produsert i Excel, (Norsk Klimaservicesenter, u.d.))	33
Tabell 7 Colebrook white's formel, beregning av kulvertens kapasitet (kilde: produsert i Excel)	43
Tabell 8 Sammenhengen mellom objektkode, nummerserie for linjenavn og vegtype (Statens Vegvesen, 2015) s.97	45
Tabell 9 Mengdene i overbygningen på VEG10000 (kilde: produsert i Novapoint).....	50
Tabell 10 Risiko for biologisk skade i vannforekomst og behov for rensetiltak (kilde: (Statens Vegvesen, 2018) s.85).....	51
Tabell 11 Trinn ved rensetiltak, deres effekt, og eksempel på tiltak (kilde: (Statens Vegvesen, 2018) s.86).....	51
Tabell 12 Avrenningslinjer før og etter planlagt utbygging (kilde: produsert i SCALGO).....	52
Tabell 13 Interpolerte IVF verdier, 5-min intervall, Madla (kilde: produsert i Excel)	53
Tabell 14 Nedbørsintensitet ved gitt varighet – Madla (kilde: produsert i Excel).....	53
Tabell 15 Regnhyetogram tabell, Madla (kilde: produsert i Excel)	54
Tabell 16 Regnhyetogram tabell (justert med klimafaktor), Madla (kilde: produsert i Excel)	55
Tabell 17 Interpolerte IVF verdier, 5-min intervall, Våland (kilde: produsert i Excel).....	56
Tabell 18 Nedbørsintensitet ved gitt varighet – Våland (kilde: produsert i Excel).....	56
Tabell 19 Regnhyetogram tabell, Våland (kilde: produsert i Excel).....	56
Tabell 20 Regnhyetogram tabell (justert med klimafaktor), Våland (kilde: produsert i Excel)	57
Tabell 21 Forskjeller mellom regnhyetogrammene fra Våland og Madla (kilde: produsert i Excel)	57
Tabell 22 Forskjeller mellom regnhyetogrammene (justert med klimafaktor) fra Våland og Madla (kilde: produsert i Excel).....	58
Tabell 23 IVF-data fra Madla-, Våland- og Rovik målestasjon [$l/(s*ha)$] (kilde: produsert i Excel)	60
Tabell 24 Estimert IVF-data for Universitetsområdet [$l/(s*ha)$] (kilde: produsert i Excel).....	60
Tabell 25 Differanse mellom estimert IVF-data og IVF-data fra de aktuelle målestasjonene (kilde: produsert i Excel).....	61
Tabell 26 Formler og antagelser for bruk av den rasjonelle metode (kilde: produsert i Excel)	62
Tabell 27 Beregning av dimensjonerende avrenning for byggetrinn-2 (kilde: produsert i Excel)	63
Tabell 28 Antagelser for bruk av den rasjonelle metode for vegger (kilde: produsert i Excel)	64
Tabell 29 Beregnet avrenning på vegene (kilde: produsert i Excel)	65
Tabell 30 Arealet av vegenes tette flater (kilde: produsert i Excel).....	65
Tabell 31 Beregnet behov for antall sandfang, basert på inntak (\emptyset) og areal (n) (kilde: produsert i Excel)	66
Tabell 32 Besluttet antall sandfang, og begrunnelse (kilde: produsert i Excel).....	66
Tabell 33 Beregnet vannføring i påkoblingspunkter til overvannsledning under VEG65000 (kilde: produsert i Excel).....	67

Tabell 34 Vertikal helning for VEG65000 og helning for underliggende overvannsledning (kilde: produsert i Excel).....	68
Tabell 35 Kumulativ vannføring under VEG65000, og nødvendige rørdimensjoner for tilhørende strekk (kilde: produsert i Excel).....	68
Tabell 36 Terrengets helning langs vegene (kilde: produsert i Excel).....	69
Tabell 37 Nødvendige rørdimensjoner under tilhørende veger (kilde: produsert i Excel)	69
Tabell 38 Rørmaterialers egnethet (1) (kilde: (VA-blad, 1998))	73
Tabell 39 Rørmaterialers egnethet (2) (kilde: (VA-blad, 1998))	73
Tabell 40 Terrengets fall og overvannslednings fall (kilde: produsert i Excel).....	80
Tabell 41 Dimensjoner for kulvert og påkoblingens kapasitet (kilde: produsert i Excel)	84
Tabell 42 Vannføring i påkoblinger fra byggetrinn-1 (kilde: produsert i Excel).....	84
Tabell 43 Vannføring i kummer ved utløp mot kulvert (kilde: produsert i Excel)	85
Tabell 44 Påkoblingsfeltets dimensjonerende avrenning (kilde: produsert i Excel).....	87
Tabell 45 Teoretisk størrelse for avrenningsfelt gitt påkoblingsfeltets middel avrenningskoeffisient (kilde: produsert i Excel)	88
Tabell 46 Vannføring i påkoblingspunkter, og respektive andeler av total (kilde: produsert i Excel)	88
Tabell 47 Tildelte andeler av kulverts vannførende kapasitet (kilde: produsert i Excel).....	88
Tabell 48 Beregnet areal og middel avrenningskoeffisient for fordrøyningsone 1 (kilde: produsert i Excel)	89
Tabell 49 Beregning av fordrøyningsvolum, regnenvelop metode, fordrøyningsone 1 (kilde: produsert i Excel)	89
Tabell 50 Konsentrasjonstid, urbane felt, fordrøyningsone 1 (kilde: produsert i Excel)	90
Tabell 51 Beregning av fordrøyningsvolum, regnhyetogram, fordrøyningsone 1 (kilde: produsert i Excel)	90
Tabell 52 Volumberegning for åpent sirkulert basseng (kilde: produsert i Excel)	92
Tabell 53 Flatebeskrivelse for VEG10000 (kilde: produsert i Excel).....	95
Tabell 54 Tverrsnittets overflateareal for VEG10000 (kilde: produsert i Excel).....	96
Tabell 55 Maksimal flomkapasitet på overflaten av VEG10000 (kilde: produsert i Excel)....	96
Tabell 56 Maksimal vannføring på overflaten av vegene (kilde: produsert i Excel).....	97
Tabell 57 Nedbørsintensitet 200-års regn, Madla målestasjon (kilde: (Norsk Klimaservicesenter, u.d.))	97
Tabell 58 Vannføring i rør og på overflate ved 200-års regn (kilde: produsert i Excel).....	98
Tabell 59 Flommengder ved 200-års regn (kilde: produsert i Excel)	98
Tabell 60 Antall trær på området, før og etter fjerning (kilde: produsert i Excel).....	100
Tabell 61 Fordeling av tre- sorter og størrelser i Rogaland (kilde: produsert i Excel)	101
Tabell 62 Diametere 5-30cm og tilsvarende omkrets (kilde: produsert i Excel)	101
Tabell 63 Estimert fordeling av tre- sorter og størrelser på området (kilde: produsert i Excel)	101
Tabell 64 Oversikt BGF flatearealer (kilde: produsert i Excel)	102
Tabell 65 Beregning av BGF (kilde: produsert i Excel, (Plan- og bygningsetaten, 2020))...	103
Tabell 66 Feilmargin for estimering av trær (kilde: produsert i Excel)	104

VI. Vedleggsliste

Vedlegg 1

Tegningsliste og tekniske tegninger

Vedlegg 2

Overvannstiltak

Vedlegg 3

Blågrønnfaktor

Vedlegg 4

IVF og målestasjoner

Vedlegg 5

Scalgo

Vedlegg 6

Avrenning

Vedlegg 7

Fordrøyning

Vedlegg 8

Mengdeberegninger

Vedlegg 9

Flom

VII. Sentrale begreper

Ord / utrykk	Definisjon
<i>Absorpsjon</i>	Evne til å trekke til seg væske. (Pedersen, 2020)
<i>Aktsomhetskart for overvann</i>	Et kart brukt for å vise hvor overvann samler seg på et område. (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015)
<i>AutoCAD</i>	Programvare for tekniske tegninger, kan brukes i kombinasjon med andre applikasjoner slik som Novapoint for produksjon. (Autodesk, 2021)
<i>Avrenningsfaktor/koeffisient</i>	Beskriver en flates evne til å lede eller trekke til seg vann. Høy avrenningsfaktor betyr at flaten er tett, og det er lav infiltrasjon. (UiS, 2021)
<i>Avrenningslinje</i>	Avrenningslinje er en fremstilling av hvordan overvann vil bevege seg på et område. (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015)
<i>BIM</i>	«Bygningsinformasjonsmodellering, samlebegrep for lagring og sammenstilling av datamodeller innenfor arkitektur, ingeniørfag og konstruksjon.» (Autodesk, u.d.)
<i>Blågrønn faktor (BGF)</i>	Er et mål på et områdes blå (vann) og grønne (vegetasjon) kvaliteter. Et område får høyere blågrønnfaktor utifra utbyggers fokus på disse kvalitetene, og er et verktøy ment for å fremme fokus på slike arealer. (Plan- og bygningsetaten, 2020)
<i>Blågrønn struktur</i>	Et areal eller konstruksjon bestående av vann eller vegetasjon. (Plan- og bygningsetaten, 2020)
<i>DAK / CAD</i>	Dataassistert konstruksjon / computer-aided design. (Rossen, 2017)
<i>Den rasjonelle metoden</i>	En formel for å beregne dimensjonerende overvannsmengder / avrenning på et område. (Ødegaard, et al., 2014) s.346
<i>Dimensjonerende</i>	Krav i sammenheng med bestemmelser gjort for de tekniske tegningene og beregningene. (UiS, 2021)
<i>Dimensjonerende nedbørsmengder</i>	Forventet hyppighet av forskjellige nedbørsmengder over diverse tidsperioder. Som regel vist i form av en IVF-kurve. (Dyrddal, 2020)
<i>DN</i>	Nominell diameter, brukes dersom oppgitt rørdimensjon også brukes som dimensjonerende indre diameter. (UiS, 2021)
<i>Entreprenør</i>	«Oppdragtager i bygge- og anleggsvirksomhet» (Ørstavik, 2019)
<i>Flom</i>	«Ved unntak når vannmengdene overskrider "normalen", og vannet beveger seg over områder det ellers ikke pleier.» (Tollan, Flom, 2020)
<i>Flomtopp</i>	Maksimum mengden av vannvolumene i en flomsituasjon. (Varsom, u.d.)

<i>Flomvei</i>	«Trase som avleder overvann til en resipient.» i en flomsituasjon. (Plan- og bygningsetaten, 2020)
<i>Fordrøyning</i>	En forsinkelse av vannets bevegelse. En metode brukt i avløpsteknikk for å unngå overbelastning av mottakende nettverk. (Plan- og bygningsetaten, 2020)
<i>Fordrøyningmagasin</i>	Betongmagasin som kan holde store mengder vann og fordrøye volumene. (UiS, 2021)
<i>Gjentaksintervall</i>	Hvor ofte flom av gitte størrelser hender i gjennomsnitt over en periode. En 100-års flom, har et gjentaksintervall på 100 år, altså opptrer i snitt en gang hvert århundre. (Dyrrdal, 2020)
<i>Hektar</i>	Mål på areal, 10000m ² , forkortet <i>ha</i> . (Hofstad, 2020)
<i>Homogen</i>	Ensartet, brukes for å vise til at noe består av flere mindre deler som alle har fellestrekk. (Gundersen, 2021)
<i>Hydraulikk</i>	Kraftoverføring ved bruk av væske. (Grahl-Madsen, 2020)
<i>Hydraulisk radius</i>	Regnestørrelse som brukes i Manning's formel. Lengden av det som er i kontakt med en flate i et vått tverrsnitt. (Ødegaard, et al., 2014) s.80
<i>Hydrologi</i>	Vitenskapsgren som beskriver vannets fysiske og kjemiske egenskaper, samt dets bevegelse og forekomst. (Tollan & Bakken, Hydrologi, 2019)
<i>Høybrekk</i>	Kan også kalles bakketopp, er det høyeste punktet i en enkelt vertikalkurve på et vegstrekk. (UiS, 2021)
<i>Infiltrasjon</i>	«Inntrenging av vann fra overflaten ned i grunnen.» (SNL, 2021 (a))
<i>Infrastruktur</i>	Et nettverk av systemer, for eksempel vegnettverk og ledningsnett. (SNL, 2021 (b))
<i>IVF-kurve</i>	Grafisk skildring av nedbørsintensitet, varighet og frekvens. Brukes for å estimere nedbørsmengder over et gitt tidsintervall. (Dyrrdal, 2020)
<i>Klima</i>	Samlebegrep brukt for å beskrive temperatur, nedbør, lufttrykk, luftfuktighet og vind for et bestemt område. Altså de normale værforholdene. (Dannevig & Harstveit, Klima, 2021)
<i>Klimafaktor</i>	En faktor brukt for å ta hensyn til klimaforandringer ved estimering av nedbørsmengder. (UiS, 2021)
<i>Kote</i>	Høydemeter over havnivå. (SNL, 2021 (c))
<i>Kulvert</i>	«...store rør eller støpte ganger under gate-, gulv- eller kjellernivå for fremføring av kabler, rør og andre tekniske installasjoner...» (SNL, 2020 (a))
<i>Kum</i>	En beholder som fungerer som en kobling i et ledningsnett, i tillegg til at det tar til seg overflatevann. (UiS, 2021)
<i>Lavbrekk</i>	Det laveste punktet i en enkelt vertikalkurve på et vegstrekk. (UiS, 2021)

<i>Linær interpolasjon</i>	Interpolasjon betyr beregning eller estimering av en uvisst verdi som ligger mellom to kjente verdier. Ved linær interpolasjon antar man at den uvisste verdien er proporsjonal med avstanden til de to kjente verdiene. (Aarnes, 2018) (Aubert, 2020)
<i>Lokal overvannsdiskonering (LOD)</i>	Samlebegrep for løsninger som håndterer overvann i nærheten av kilden. Da menes løsninger som bidrar til oppsamling og fordrøyning. (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015)
<i>Nedbør</i>	Vann i form av regn og snø som faller og treffer bakken. (Dannevig & Holm, Nedbør, 2019)
<i>Nedbørsfelt</i>	Et avgrenset område som blir truffet av nedbør. (UiS, 2021)
<i>Nedsbørsintensitet</i>	Hvor mye nedbør som treffer et område i snitt per sekund. (UiS, 2021)
<i>Novapoint</i>	Modelleringsverktøy brukt ved prosjektering av blant annet veg- og vann og avløpsystemer. (Trimble, 2021)
<i>Nye SUS</i>	Prosjektnavn for bygging av nytt universitetsykehus i Stavanger. (COWI, 2021)
<i>Overvann</i>	«fellesbetegnelse på dreisvann og regnvann fra takflater, veier og plasser, som samles i overvannsledninger.» (SNL, 2020 (b))
<i>Overvannsanlegg</i>	Konstruksjoner og systemer som samler, avleder og behandler overvann. (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015)
<i>Overvannshåndtering</i>	Løsninger som sikrer mot skader fra overvann eller som utnytter det som en ressurs. (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015)
<i>Overvannstiltak</i>	Tiltak gjort for å etablere overvannsanlegg. (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015)
<i>Permeable dekker</i>	Permeabilitet er et mål på en flates evne til å absorbere væske. Permeable dekker har lav gjennomtrenging av væske og høy egenskap for å lede vann. (NAOB, u.d.)
<i>Prosjektering</i>	Planlegging og tegning av en struktur. (Rygh, 2020)
<i>Renseanlegg</i>	Konstruksjon som fjerner urenheter og forurensninger fra vann. (SNL, 2018 (a))
<i>Resipient</i>	Mottaker, brukt i oppgavens sammenheng for mottaker av overvann. Fellesbetegnelse for vannkilder slik som hav, elv, innsjø og bekk. (UiS, 2021)
<i>Sandfang</i>	En sluk, kum eller ris som ligger langs veg, gater og bygg. Viktig for å fjerne sand, grus og jord fra rørsystemer. (SNL, 2018 (b))
<i>SCALGO</i>	Programvare som benytter seg av geografiske data for å simulere vannføring og oppsamling på et område. (SCALGO, u.d.)
<i>SOSI</i>	Et filformat brukt ved lagring av geografiske data. (Mæhlum, 2020)

<i>Treleddsstrategi</i>	En strategi brukt for å beskrive samarbeidet mellom tiltak som infiltrerer, fordrøyer og trygt leder overvann til resipient. (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015)
<i>Utløpspunkt</i>	Punktet i et ledningsnett hvor overvann slippes ut, eller går over til et annet nettverk eller system. (UiS, 2021)
VA	Forkortelse for vann og avløp.
<i>Vegetasjon</i>	Beskrivelse av økologiske overflater, dvs arealer dekket av for eksempel planter, trær, gress og mose. (SNL, 2021 (d))
<i>Vegoverbygning</i>	De forskjellige lagene i tverrprofilen til en veg. For eksempel forsterkningslag, bærelag og dekke. (UiS, 2021)
<i>Årsdøgntrafikk</i>	Gjennomsnittlig kjøretøy som passerer over en veg iløpet av en dag. Beregnet ved å måle totale antall kjøretøy i løpet av et år, delt på 365 dager. (UiS, 2021)

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

Det bygges et nytt universitetssykehus i Stavanger for å imøtekomme fremtidens behov. Det eksisterende sykehuset begynner å bli for gammelt, da enkelte seksjoner ble bygget helt tilbake på 1920-tallet. Navnet på utbyggingsprosjektet er Nye SUS, hvor første byggetrinn, som inneholder det nye sykehuset, skal være ferdig innen 2024. Ved Nye SUS beregnes kapasitetsbehovet på bakgrunn av forventet befolkningsutvikling og endringer i sykdomsbildet. Planen er at sykehuset skal tilrettelegges for ny teknologi, nye behandlinger og økt effektivitet (Helse Stavanger, 2018). Ved utbygging av Nye SUS omformes store arealer på tomten fra permeable- til ikke-permeable flater. Det fører til en kraftig reduksjon i infiltrasjon og naturlig fordrøyning, og økt avrenning. Overvannsproblematikk og klimaforandringene er direkte knyttet ettersom økende temperaturer fører til en akselerasjon av hydrologiske prosesser som resulterer i økende nedbørsmengder og hyppigere regnskyll. Dersom man ikke utvikler gode systemer for å fjerne overvann, kan dette forårsake strukturelle skader på nærliggende bebyggelse, infrastruktur og miljø, da spesielt i flomsituasjoner. Av den grunn er det ved utbygging viktig å undersøke effekten av en mulig flomsituasjon og utarbeide sikre flomveier. Det skal også bygges en ny kollektivtrase gjennom området. I tillegg til nytte for kollektivtransport er planen å utnytte vegen som en ressurs i sammenheng med flom. Dette må gjøres på en fornuftig måte, ettersom vann i vegbanen utgjør en sikkerhetsrisiko, da det øker sjansen for at kjøretøy opplever vannplaning og mister kontroll (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015). Man må også ta hensyn til resipienten av overvannet fra tomten som er Hafrsfjord, en fjord som ligger i Sola- og Stavanger kommune. Hafrsfjord er klassifisert som en sårbar vannforekomst, det kan derfor stilles krav til renheten av utslippsvannet. I tillegg til dette må man bygge opp under blågrønne kvaliteter for at utbyggingen skal bli godkjent, graden av slike kvaliteter kalles blågrønn faktor.

1.2. Problemstilling

Hvordan løse overvannsproblematikk knyttet til større utbygging på et vegetasjonsdekket område?

Delproblemstillinger:

Hvordan kan man utnytte veg i sammenheng med overvannshåndtering?

Hvordan prosjektere veg, og ledningsnett for overvann med hensyn til gjeldende regelverk?

Hvordan imøtekomme krav om rensing og blågrønn faktor, samt vurdere behov for fordrøyning?

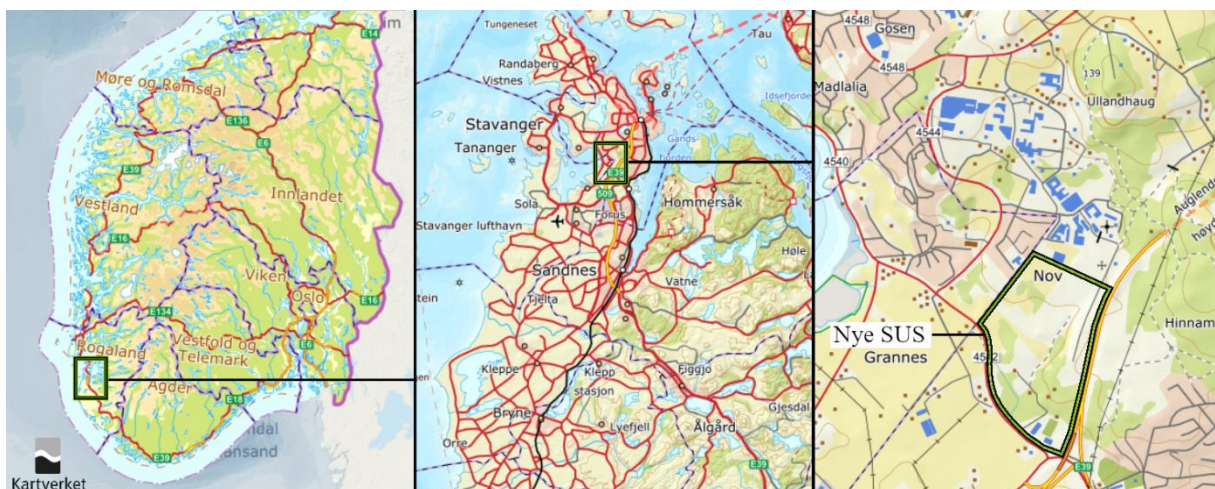
1.3. Oppgavens formål

Formålet med denne oppgaven er å få et mer helhetlig inntrykk av overvannshåndtering, hvilke utfordringer og problemer som må løses ved større utbyggingsprosjekt, samt et bedre perspektiv på hva som kreves for å prosjektere systemer for disse løsningene. I tillegg foreligger et ønske om mer erfaring i bruken av digitale verktøy slik som Novapoint og AutoCAD. Det kan også være interessant å bli kjent med nye verktøy som kan benyttes i arbeidslivet og ved videre utdanning.

2. Prosjektområdet

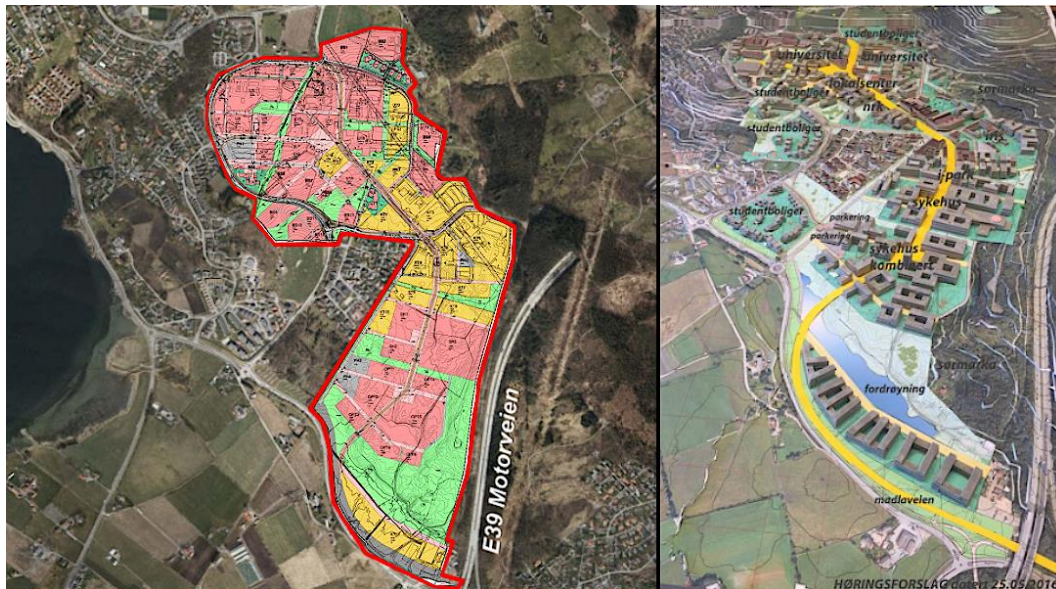
2.1. Universitetsområdet på Ullandhaug

Universitetsområdet der Nye SUS bygges ligger på Ullandhaug i Hillevåg bydel, omtrent 4,5 km sørvest for Stavanger sentrum (se Figur 1).



Figur 1 Prosjektområdets lokasjon (kilde: produsert i Photoshop, (Kartverket, u.d.))

Kommunen har som mål å omforme hele universitetsområdet (Stavanger kommune, 2016). Når utbygging er ferdig, skal området inneholde kontorlokaler, parkeringshus, sykehus, studentboliger, læresenter, kollektivtrase og en utvidelse av det eksisterende universitetet. Det kan derfor sies være et svært sentralt felt i regionen (se Figur 2).

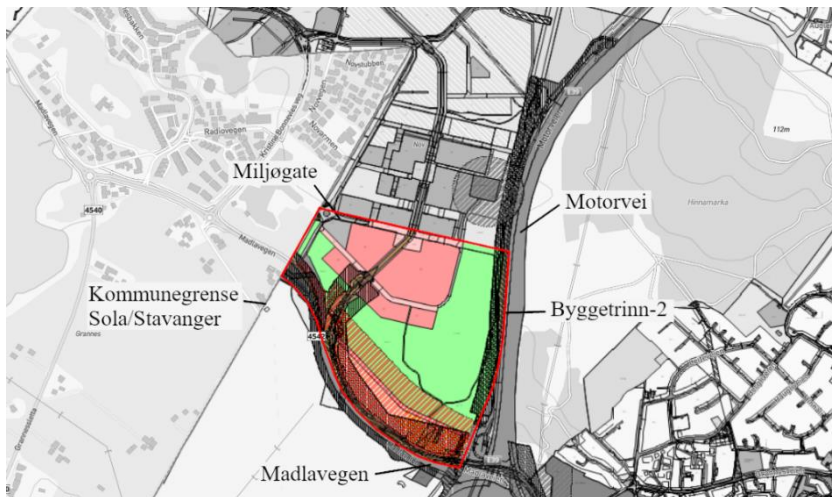


Figur 2 Oversikt over universitetsområdet basert på reguleringsplan 2510 (v), Illustrasjonsskisse (h) (kilde: produsert i Photoshop (v) og (Stavanger kommune, 2016) (v og h))

Gjennomføring av sykehusprosjektet krever bred fagkompetanse og stor kapasitet, både i planlegging- og utførelsesfasen. Over 62 forskjellige bedrifter er involvert i dette (Produktfakta, 2020) der mange av disse er lokale selskaper fra Rogalands regionen. Utdelingen av kontrakter har bevisst foregått med prioritering av lokale entreprenører, på bestilling fra styret i Helse Stavanger (Helse Stavanger, 2019). Det å gjennomføre et slikt omfattende prosjekt der flere uavhengige parter er involvert, krever god kommunikasjon og samkjøring av løsninger. Stort fokus på bruk av BIM har derfor vært helt essensielt for utførelse av arbeidene, altså digitale programmer og verktøy slik som Novapoint og Autocad, som også brukes i denne oppgaven, samt GIS programvare slik som SCALGO for digital kartlegging av avrenning. Dette har resultert i internasjonal anerkjennelse, og prosjektet ble i 2018 kåret til verdens beste digitale byggeplass (Davanger, 2018).

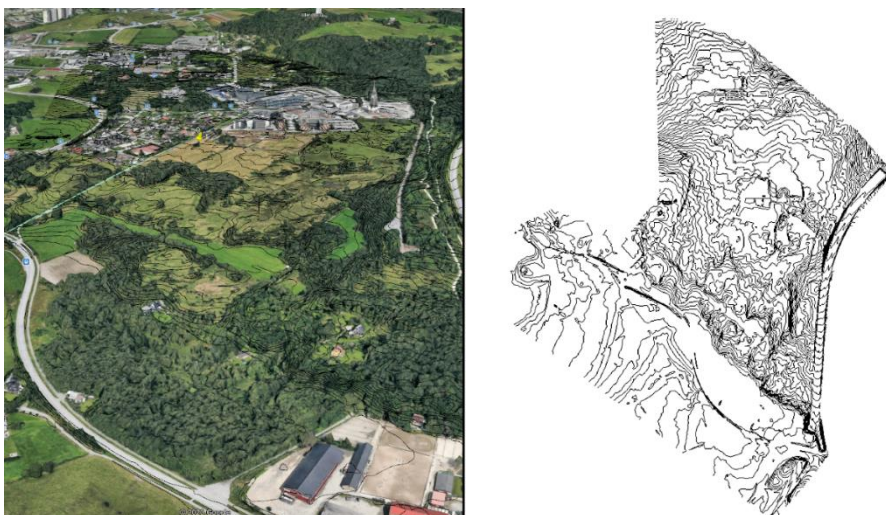
2.2. Prosjektets beliggenhet og terreng

Nye SUS skal gjennomføres i flere byggetrinn, hvor det første består av sykehusbygget som antas å være ferdig innen 2024. Denne oppgaven skal ta for seg feltet sør for dette, altså byggetrinn-2 av tiltaket. Dette avgrenses av en planlagt miljøgate i nord, Madlaveien i sør, kommunegrense i vest og motorveg i øst (COWI, 2021)(Figur 3). Delområdet har et totalt areal på 29,36 hektar. På grunn av områdets størrelse og kompleksitet, kan det være utfordrende å planlegge den nødvendige infrastrukturen.



Figur 3 Oversikt byggetrinn-2, basert på reguleringsplan 2510 (kilde: produsert i Photoshop, (Stavanger kommune, 2016))

Tomten er forholdsvis flat med en gradvis helning nedover fra nord til sør (se Figur 4). Det høyeste punktet ligger omtrent 30 m.o.h og det laveste 10 m.o.h. På sørsiden av tomten renner Grannesbekken, som er den eksisterende situasjonens lokale resipient. Denne leder ut til Grannesbukta i Hafrsfjord, som ligger vest for utbyggingsområdet (COWI, 2021).



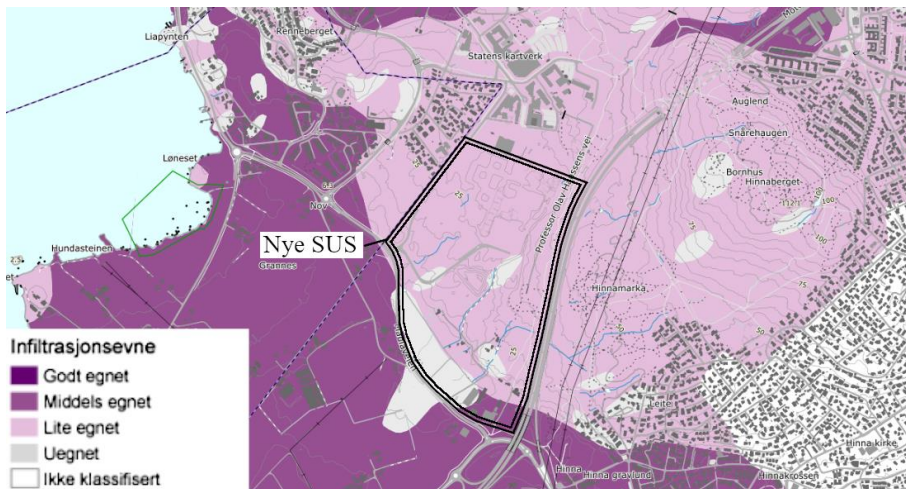
Figur 4 Oversikts bilde (v), topografisk kart (h) (kilde: google earth og (COWI, 2021))

Området er jomfruelig, altså dekket av vegetasjon i form av skog, myr og dyrket mark, overflater med høy infiltrasjon. Kart fra (NGU, u.d.) viser at tomten har et homogent løsmasse underlag, bestående av tynn morene med noe fjell i dagen, samt noe torv og myr langs sørgrensen (se Figur 5).



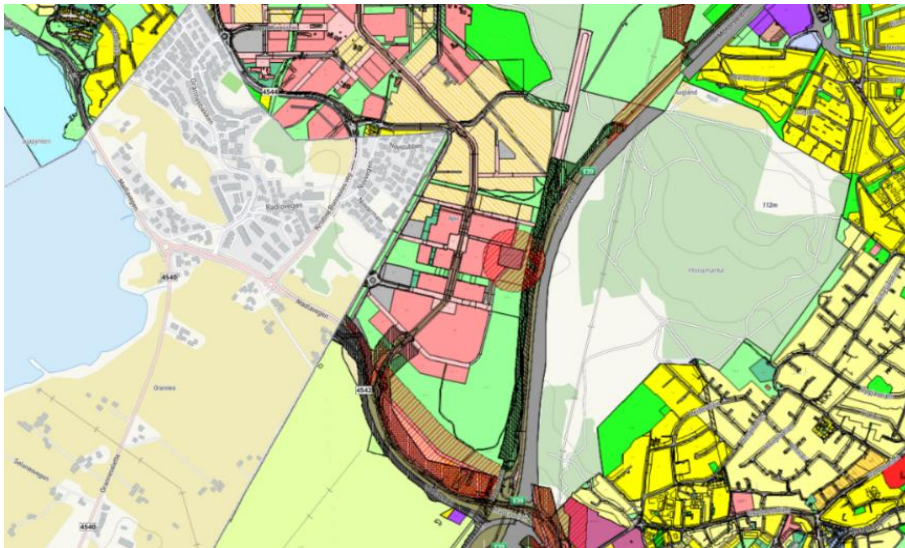
Figur 5 Løsmassekart (kilde: produsert i Photoshop, (NGU, u.d.))

I **Figur 6** vises feltets infiltrasjonsevne før påbegynt utbygging. Igjen ser man at området er relativt ensartet, med en middels til lav infiltrasjonsevne.



Figur 6 Infiltrasjonskart (kilde: produsert i Photoshop, (NGU, u.d.))

2.3. Gjeldende reguleringsplaner og beregningsgrunnlag



Figur 7 Utklipp av reguleringsplan 2510 (kilde: **(Kommunekart, u.d.)**)

Denne oppgaven baseres på det nyeste forslaget for områdets reguleringsplan (2510)

(Stavanger kommune, 2016) ved begynnelsen av prosjektet 15.januar 2021 (se Figur 7).

Etttersom reguleringsplanen for byggetrinn-2 ikke var endelig vedtatt på dette tidspunktet, vil den kunne endres i løpet av, eller i ettertid av oppgaven. Slike endringer vil ikke inkluderes i oppgaven.

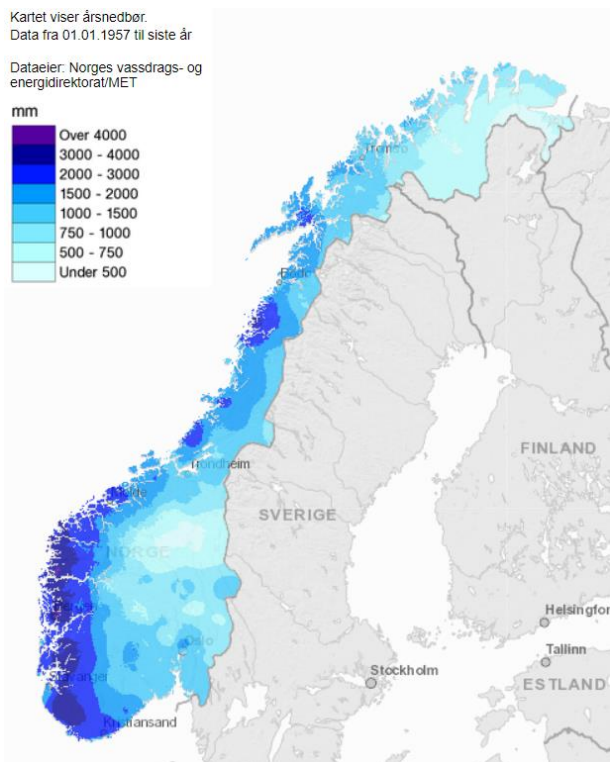
For å kunne prosjektere løsninger i Novapoint trenger man som regel SOSI-filer for informasjon om området, slik som for eksempel terrengets topografiske oppbygging. I denne oppgaven har COWI delt områdets terrengdata gjennom en modellfil, som vil brukes som beregningsgrunnlag for den prosjekterte infrastrukturen.

3. Teori

3.1. Underliggende teori

3.1.1. Klima

Man kan beskrive klima som det forventede værmønsteret til et område, basert på målinger av blant annet temperatur, nedbør, vind og luftfuktighet gjort over lengre tidsperioder (UiO: Institutt for biovitenskap, 2015). Fra år 1900 til 2016, har gjennomsnittstemperaturen i Norge økt med omtrent 1,1 grad, og nedbørsmengdene med rundt 20%. Det forventes at denne utviklingen med økende nedbørsmengder vil fortsette, noe som resulterer i økt avrenning og større overvannsmengder som må håndteres (Miljødirektoratet, u.d.). På grunn av klimaendringene er det vanlig å ta utgangspunkt i dimensjonerende nedbørsverdier, hvor klimafaktor er inkludert, ved planlegging og prosjektering av infrastruktur (Norsk Klimaservicesenter, 2021).

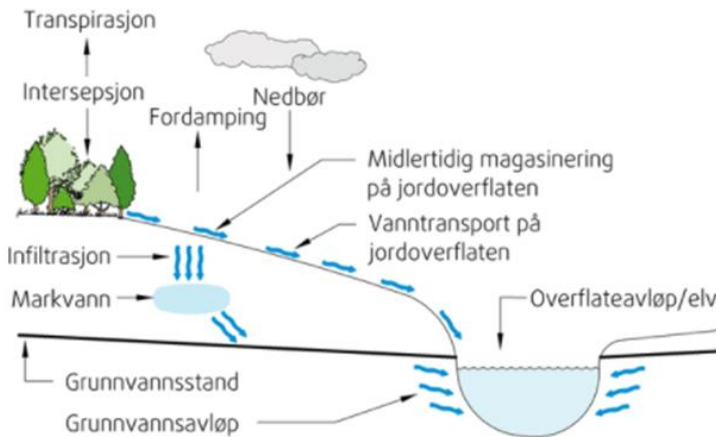


Figur 8 Nedbørskart for Norge (kilde: (SeNorge, u.d.))

Norges klima er nokså spesielt, i den forstand at det er vesentlig mildere enn andre landområder på samme breddegrad. Dette skyldes en kombinasjon av varme fra den norske atlantehavsstrømmen (Weber, 2018) og vestavindsbeltet (Seter, 2013). Sistnevnte frakter med seg store mengder fuktighet. Vindens bevegelsen fra vest mot øst, i kombinasjon med områdets topografi, gjør at det er mer nedbør langs vestkysten av Norge (se Figur 8) (Dannevig & Harstveit, Klima i Norge, 2020). Stavanger ligger i Rogaland fylke på vestlandet og er derfor utsatt for mye nedbør, da spesielt om høsten og vinteren.

3.1.2. Viktige faktorer for god overvannshåndtering

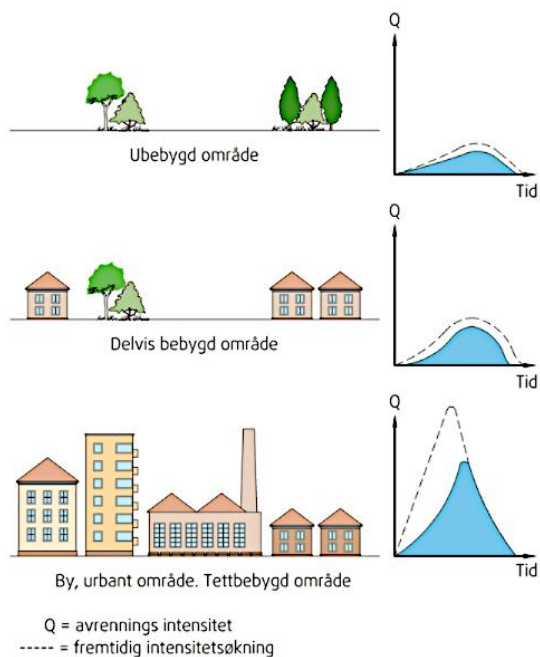
Overvannshåndtering



Figur 9 Naturlige avrenningsprosesser (kilde: (Byggforsk, 2012))

Overvann er avrenningen på overflater som følge av nedbør og smeltevann. Deler av overvannet kan trekke ned i grunnen, men som regel renner mesteparten videre på overflaten (se Figur 9) (Ødegaard, et al., 2014). Urbanisering i form av større utbygginger, der permeable flater endres til ikke-permeable flater, fører til at mindre av overvannet infiltreres i grunnen, og resultatet er derfor større mengder avrenning (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015).

Standarden for overvannshåndtering i urbane strøk har vært å bruke ledningsnett for å raskest mulig lede overvann bort fra overflaten. Meningen med dette har vært å gi bedre urbane miljøer og sikkerhet mot oversvømmelser. Problemet med denne metoden er at kontinuerlig urbanisering over tid har resultert i at mange ledningsnett ikke lenger har tilstrekkelig kapasitet. Dette har ført til økt avrenning, større utslipp av forurenset overvann, dårligere biologisk mangfold og en senkning av grunnvannstanden. (Ødegaard, et al., 2014) (se Figur 10).



Urbanisering og effekt på avrenningens mengde og intensitet
 a. Ubebygde område. En nedbørshendelse har små konsekvenser for avrenningen.
 b. Delvis bebygde område. En nedbørshendelse har middels store konsekvenser for avrenningen.
 c. Tettbebygde område. En nedbørshendelse kan ha store konsekvenser for avrenningen.

Figur 10 Urbanisering og effekt på avrenningens mengde og intensitet (kilde: (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015) s.31)

Nye løsninger baserer seg derfor på å infiltrere og forsinke vannet, slik at vannets naturlige kretsløp i mest mulig grad bevares, og ledningsnettets ikke overbelastes. Ved å fokusere på helhetlige løsninger som å opprettholde grønne flater, fordrøyning med nok kapasitet og robuste flomveier, kan det etableres bymiljø med fokus på sikkerhet, miljø og estetikk (Ødegaard, et al., 2014).

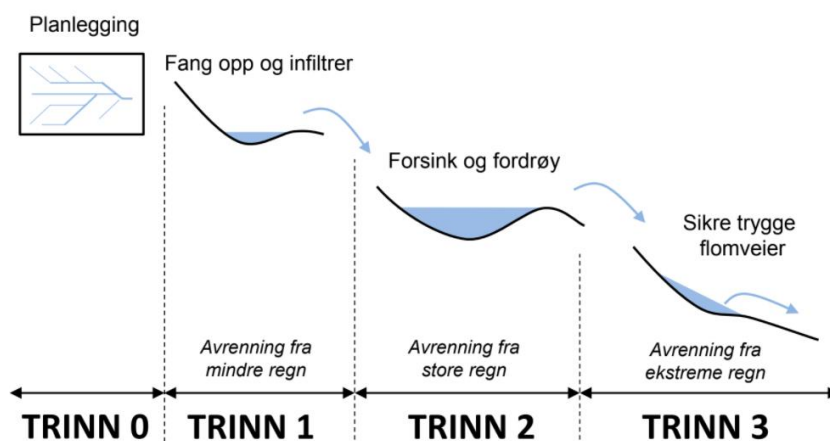
Treleddsstrategien

Treleddsstrategien er en viktig strategi innen håndtering av overvann. Den beskriver hvordan overvannet kan håndteres på en sikker og trygg måte, gjennom ulike trinn basert på vannmengden (se Figur 11) (Ødegaard, et al., 2014).

Første ledd av denne omfatter infiltrasjon av nedbøren. Grønne dekker, som er permeable, kan brukes for å sikre infiltrasjon, samt bidra til blågrønn faktor. Infiltrasjonssandfang og infiltrasjonsgrøfter er andre aktuelle metoder for å infiltrere overvann (VA-blad, 2009). Når man skal planlegge infiltrasjonsløsninger er det viktig å vite hvor mye vann som kan infiltreres før det må fordrøyes og forsinkes, samt hvor egnet grunnforholdene er for infiltrasjon (Miljødirektoratet, 2021).

Andre ledd omfatter forsinking og fordrøyning av vannmengder. Fordrøyning kan gjøres i både lukkede og åpne systemer. Noen vanlige løsninger er nedgravde rørmagasin eller åpne dammer (MFT: Miljø og fluidteknikk AS, 2021). Viktige faktorer ved bestemmelse av fordrøyningsløsninger er hvor mye vann som skal fordrøyes, samt økonomiske og samfunnsøkonomiske forhold (Miljødirektoratet, 2021).

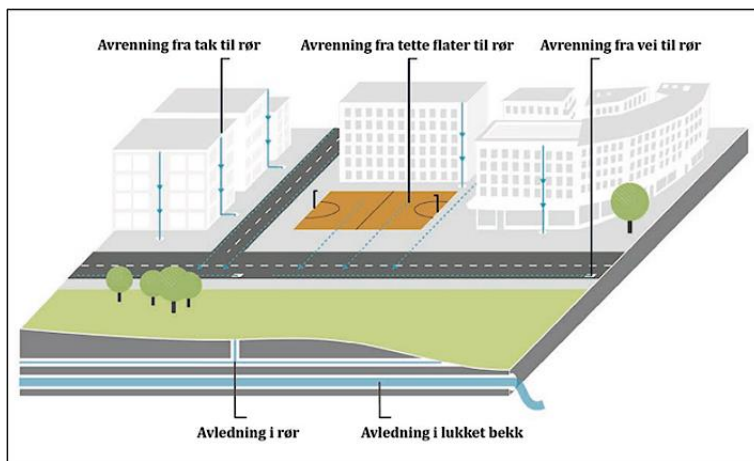
Tredje ledd omfatter trygg bortledning av vannmengdene, da spesielt i flomsituasjoner. Når man dimensjonerer løsninger må man ta utgangspunkt i anleggets forventede levetid, og flommer med tilsvarende gjentaksintervall. Grøfter og elver, både naturlige og kunstige, kulverter og vegbaner kan anvendes som flomveier. Det er essensielt å gjøre en analyse av potensielle skadevirkninger og faresoner ved avrenning (Miljødirektoratet, 2021).



Figur 11 Treleddsstrategien (kilde: (VA forum, 2020))

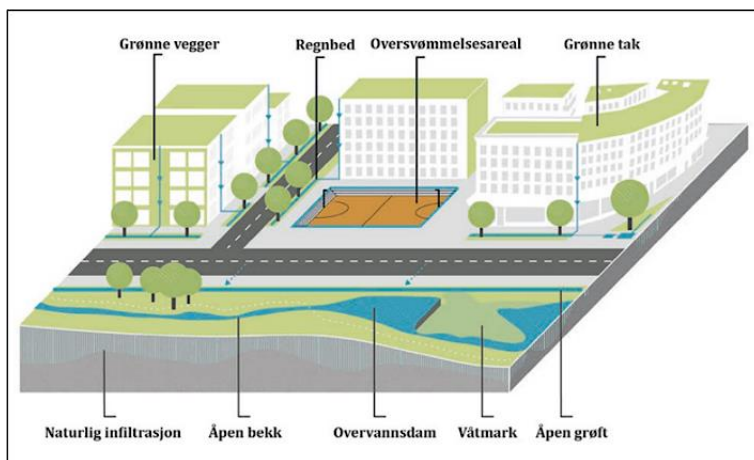
Overvannsmetoder

Det finnes ulike metoder for bortledning av overvann fra overflater, der disse metodene er knyttet til de ulike leddene i treleddsstrategien. Tradisjonelt er hoveddelen av overvannssystemet, ledningsnettets som ligger i bakken (se Figur 12), dette kalles konvensjonell overvannshåndtering (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015). Overvann kan enten ledes sammen med spillvann i samme rør, kalt fellessystem, eller i en egen overvannsledning, adskilt fra spillvannet, kalt separatsystem. Problemene med fellessystem er at det «rene» overvannet forurenses når det føres sammen med spillvannet, og unødig øker belastningen på rensenanlegg (Ødegaard, et al., 2014). Som et alternativ til lukkede nedgravde systemer for overvannet, kan man også benytte seg av blant annet åpne bekker og grøfter, da enten naturlige eller kunstige for å lede overvannet. Dette og andre løsninger på overflaten kalles åpen overvannshåndtering (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015) (se Figur 13). En liste over mulige overvannstiltak ligger i Vedlegg 2.



Illustrasjon: Hanna Haukøya Storemyr, landskapsarkitekt, Bymiljøetaten, Oslo kommune.

Figur 12 Konvensjonelt system for håndtering av overvann (kilde: (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015) s.66)



Illustrasjon: Hanna Haukøya Storemyr, landskapsarkitekt, Bymiljøetaten, Oslo kommune.

Figur 13 Åpen og lokal håndtering av overvann (kilde: (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015) s.66)

Klimafaktor

Det er viktig at tiltak som bygges i dag skal fungere lengst mulig. På bakgrunn av økende nedbørsmengder, og en forventet fortsettelse av denne trenden, brukes en såkalt klimafaktor ved dimensjonering av overvannstiltak. Dette gjøres ved å justere dagens nedbørsintensitet med den forventede økningen, altså klimafaktoren. Denne bestemmes ut ifra antagelser for fremtidig nedbør, basert på observasjoner av hvordan nedbør har utviklet seg over tid (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015). I henhold til VA-norm for Stavanger kommune, brukes en klimafaktor på 1,2 i denne oppgaven (Stavanger kommune, (a)).

Avrenningskoeffisient

Permeabiliteten til forskjellige flater varierer avhengig av porøsiteten til flatens materiale. Ved bruk av den rasjonelle metoden gjøres antagelsene på hvor mye vann som infiltreres og hvor mye som ledes videre i form av avrenningskoeffisienter (se Tabell 1) (Ødegaard, et al., 2014). Da gis ikke-permeable dekker med bratt helning (f.eks tette flater, tak, veg og betong) en høy avrenningskoeffisient og permeable dekker i flatt terreng (f.eks plen, park, eng og grønne løsninger) en lav. Skalaen for verdiene går fra 1,0 - 0,0, henholdsvis for total avrenning til fullstendig infiltrasjon/fordrøyning.

Type Areal	Koeffisient ©
Tette flater	0,85 – 0,95
Bykjerne	0,70 – 0,90
Rekkehus-/ leilighetsområde	0,60 – 0,80
Eneboligområde	0,50 – 0,70
Grusvei/ -plasser	0,70 – 0,80
Industriområde	0,70 – 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark etc.	0,30 – 0,50
Grønne tak	0,40 – 0,70

Tabell 1 Flatetyper og avrenningskoeffisienter (kilde: (Stavanger kommune, (b)) s.2)

Blågrønn faktor

Begrepet blågrønn faktor brukes for å beskrive andelen grønne og blå verdier på et område. Blågrønne områder har i lengre tid blitt brukt som samle- og oppholdssteder i store urbane strøk, tradisjonelt i form av parker, og spiller en viktig rolle i det totale bymiljø-bildet (Klima- og miljødepartementet, 2020). På bakgrunn av dette er det vedtatt krav for blågrønn faktor ved utbygging av nye prosjekter. Måten blågrønn faktor beregnes er at det gis poeng for forskjellige blå- og grønne kvaliteter, og at totalsummen må tilsvare en gitt andel av det totale arealet (Plan- og bygningsetaten, 2020) (se Vedlegg 3).

Hvor stor denne andelen må være, avhenger av området beliggenhet, og man tar som regel utgangspunkt i normtallene (se Tabell 2).

Geografisk beliggenhet	Normtall total BGF
Tett by	0,7
Åpen by	0,8

Tabell 2 Normtall for total BGF (kilde: (Plan- og bygningsetaten, 2020) s.5)

VA-norm for Stavanger kommune følger disse normtallene, altså kreves en total blågrønn faktor på 0,7 for byggetrinn-2 (Stavanger kommune, (a)). Det totale arealet for området er på omtrent 29,2 ha, noe som betyr at man behøver en total BGF på over 204 000 for å oppfylle kravet (se Tabell 3).

Total areal (m²)	292078
BGF krav	0,7
Total BGF	204455

Tabell 3 Krav for total BGF på byggetrinn-2 (kilde: produsert i Excel)

Kostnader og samfunnsøkonomisk lønnsomhet

Tradisjonelle overvannsløsninger har større kostnader knyttet til utførelse og drift, enn lokale overvannstiltak. En fordel med åpen overvannshåndtering er at det kan tilskrives en samfunnsøkonomisk gevinst, på bakgrunn av den økt graden blågrønne-arealer. Disse tiltakene har også fordel av mindre omfattende grunnarbeider og bedre innpass i urbane miljø. Ettersom slike tiltak kan være svært arealkrevende, må de planlegges på en helhetlig måte (Vista analyse AS, 2015).

Sidemannskontroll

Byggesaksreformen som trådte i kraft i 1997 hadde et mål om å redusere skader og byggefeil gjennom en sikring av prosjekteringsprosessen. Et av kravene var økt fokus på kontroll, da enten i form av dokumentert egenkontroll, eller uavhengig kontroll (Stenstad & Rolstad, 2004). For å kvalitetssikre arbeidet i denne oppgaven, ble det bestemt at beregninger i tilknytning til dimensjonering utføres av begge prosjektmedlemmer. Tanken er at dette øker sjansen for å oppdage eventuelle feil og mangler, og at det er delt ansvar for kvaliteten av sluttproduktet.

3.1.3. Overvannshåndtering og veg

Forutsetninger for bruk av veg for overvannshåndtering og flom

Gjeldende regelverk for veg krever at vann skal ledes vekk fra veibanen, dette fordi vegens primærfunksjon som trygg transportåre alltid skal prioriteres. Dersom en skal bruke vegen til å lede overvann forutsettes det at den utformes for å minimere skader, og det må gjøres en vurdering av hvordan dette valget vil kunne påvirke trafikksikkerhet. Dersom vegen benyttes av utrykningskjøretøy slik som brannbil, ambulanse eller politi, er det et krav om at beredskapsevne skal ivaretas. Dersom kollektivtraseen i dette prosjektet skal kunne benyttes som flomveg, er det viktig å fastslå hvordan en eventuell flomsituasjon vil påvirke fremkommelighet, om vegen i enkelte situasjoner må stenges, og isåfall beskrive alternative ruter for å minimere graden av ulempe. Man må kartlegge om det finnes elektroniske installasjoner i området, som kan skades ved avledning av overvann. En må også gjøre rede for potensielt skadeomfang i en flomsituasjon, og hvilke tiltak som må gjøres etterpå før det er mulig å gjenoppta normal trafikk på strekningen. (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015).

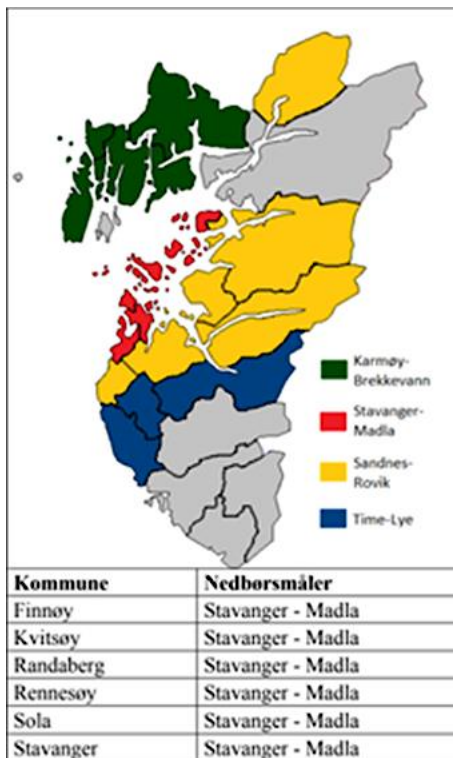
Forurensing av overflatevann

Overvann tilknyttet veg er spesielt utsatt for forurensing. Det finnes flere grunner til dette, da forurensingen kommer av blant annet slitasje på veidekket, eksosutslipp, salting om vinteren, drift og vedlikehold. Man regner forurensing som mikroorganismer, organiske- og uorganiske forbindelser som ikke opptrer lokalt, men som tilføyes. Forurensingsbildet er ofte sammensatt, og det er mange faktorer som spiller inn for graden av forurensing på et veistrekk. Eksempler på slike faktorer er trafikkmengde, fartsgrense, terreng, veiens utforming, andel tyngre kjøretøy og bruk av piggedekk (Norges Offentlige Utredning - NOU, 2015).

Rensing av overvann

Dersom overvannet er spesielt forurenset, finnes det flere ulike tiltak som kan benyttes for å få tilstrekkelig renseeffekt. Rensing av overvann utføres som regel i sammenheng med fordrøyning, der rensetiltaket som velges, må kunne fjerne store forurensende partikler, samt håndtere faktorer man ikke har kontroll over, slik som vannets ph-verdi og saltkonsentrasjon. Noen eksempler på rensetiltak er regnbed, sedimenteringsanlegg og mekaniske renseanlegg, der disse må driftes for å opprettholde den nødvendige renseeffekten (Byggforsk, 2012).

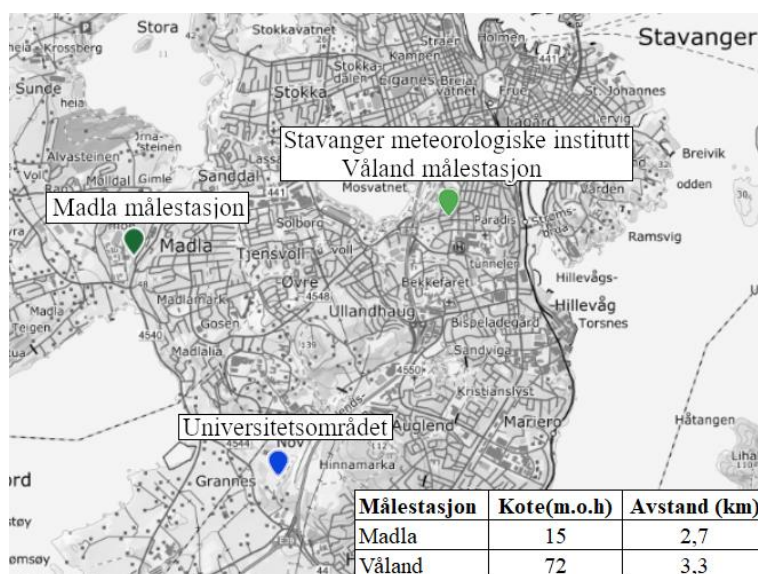
3.2. Nedbør



Nødvendige data for nedbør må hentes fra målestasjoner som ligger nærme prosjektområdet. Det aktuelle prosjektet for denne oppgaven ligger i Stavanger kommune, men på grensen til Sola kommune. I henhold til VA-norm (Stavanger kommune, (b)) skal man for begge disse kommunene bruke målestasjonen i Stavanger-Madla regionen (se Figur 14).

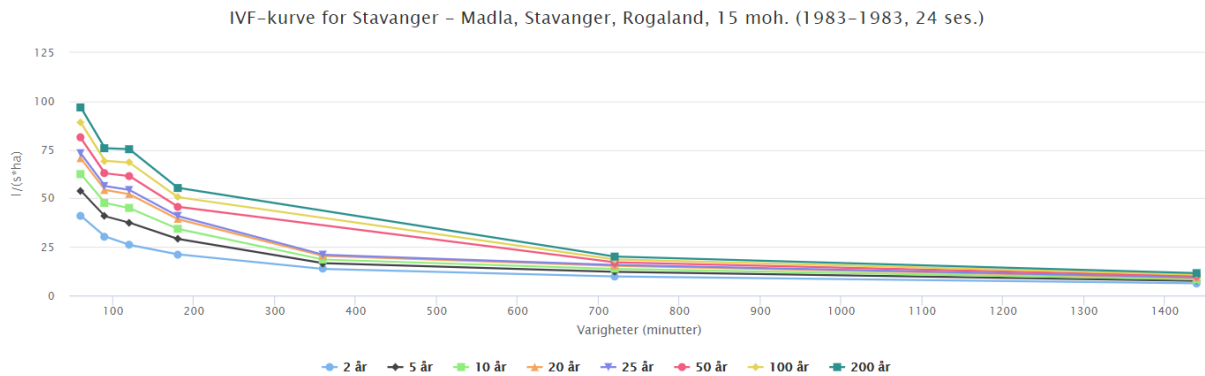
Figur 14 Nedbørsmålere med tilhørende områder (kilde: produsert i Photoshop, (Stavanger kommune, (b)))

Det bør nevnes at det er en målestasjon på Våland, som også ligger nærme utbyggingsområdet. Denne tilhører Stavanger meteorologiske institutt (se Figur 15) (Norsk Klimaservicesenter, 2021).

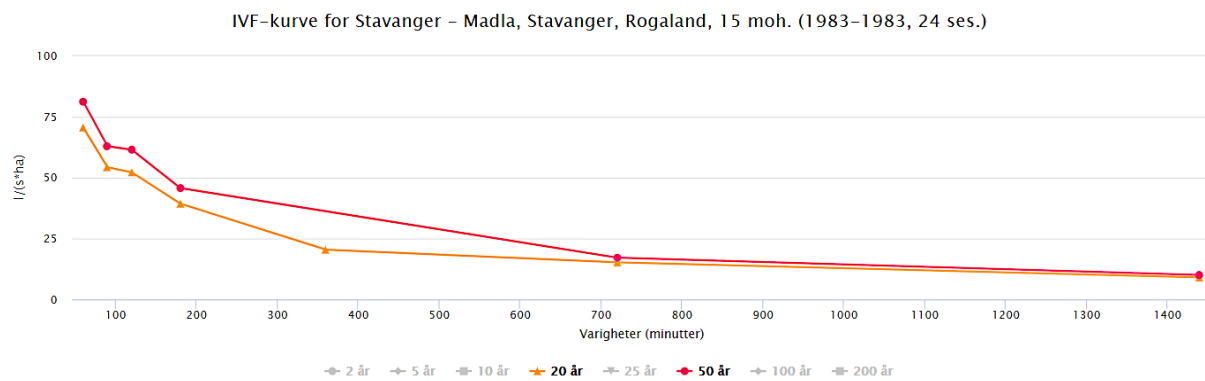


Figur 15 Oversikt over nærliggende målestasjoner (kilde: produsert i Photoshop, Excel, (Norsk Klimaservicesenter, u.d.))

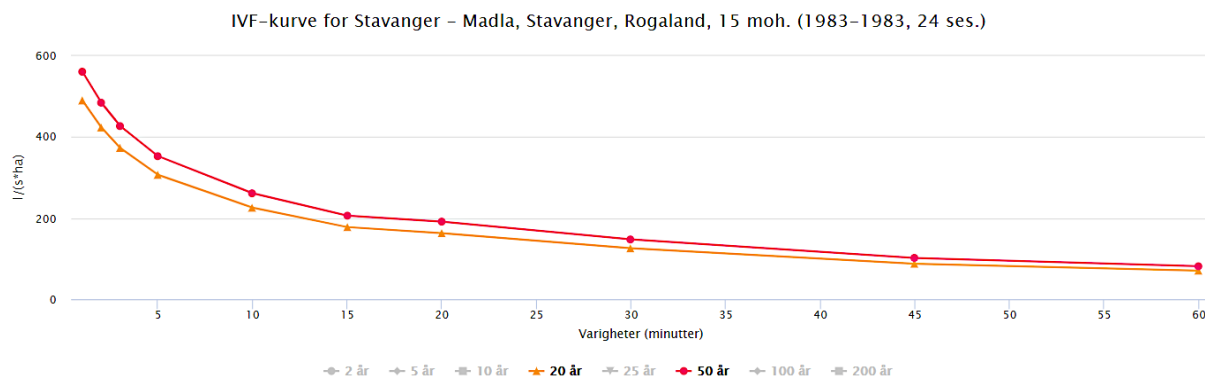
I Figur 16 ser man IVF-kurve for Stavanger, altså hvilke nedbørsintensiteter man kan forvente over ulike gjentaksintervall, med varigheter opp til 24 timer (Norsk Klimaservicesenter, 2021). Disse dataene brukes ved beregning av overvannsavrenning i den rasjonelle metode. I denne oppgaven bør IVF-statistikk fra Madla målestasjon brukes for dimensjonerende nedbør i samsvar med VA-norm. Til tross for dette kan det være gunstig å sammenligne nedbørsdata, mot de gitt fra målestasjonen på Våland.



Figur 16 Alle gjentaksintervall 0-24 timer IVF, Madla målestasjon (kilde: (Norsk Klimaservicesenter, u.d.))



Figur 17 20 års - og 50 års gjentaksintervall 0-24 timer IVF, Madla målestasjon (kilde: (Norsk Klimaservicesenter, u.d.))



Figur 18 20 års - og 50 års gjentaksintervall 0-60 minutter IVF, Madla målestasjon (kilde: (Norsk Klimaservicesenter, u.d.))

Valg av gjentakintervall for bruk i den rasjonelle metode avhenger av blant annet skaderisiko rundt plassering av tiltaket (se Tabell 4). På bakgrunn av tomtens topografi og formål kan byggetrinn-2 tilskrives gruppe 2, altså vil en da bruke nedbørsintensiteter med en frekvens på 20 år. Det kan også argumenteres for å bruke gjentakintervall på 50-år ved dimensjonering, for å sikre at overvannsledningene kan ta til seg vannmengdene fra byggetrinn-1. Dette fordi sykehusbyggene i byggetrinn-1 går under gruppe 3, «der oversvømmelse gir spesielt store økonomiske og/eller samfunnsmessige ulemper» (Stavanger kommune, (b)).

Gruppe	Plassering	Frekvens
1	Landbruksområder og utmark med svært liten fare for skader ved eventuelle oversvømmelser.	10 år
2	Alle områder som ikke omfattes av gruppe 1 eller 3.	20 år
3	Områder der oversvømmelse gir spesielt store økonomiske og/eller samfunnsmessige ulemper.	50 år

Tabell 4 Områdets plassering og dimensjonerende gjentakintervall (kilde: (Stavanger kommune, (b)))

		Minutter						
IVF (l/(s*ha))		1	2	3	5	10	15	20
Gjentaksintervall (år)	2	291,7	252,9	221,7	172,5	120,4	95,2	79,9
	5	378	327,1	287,5	226,4	156,5	125,3	112,9
	10	435,2	376,3	331	262	180,3	145,2	134,9
	20	490	423,5	372,8	296,2	203,2	164,2	156
	25	507,4	438,5	386,1	307,1	210,5	170,3	162,7
	50	560,9	484,6	426,9	340,5	232,9	188,9	183,4
	100	614,1	530,4	467,4	373,7	255,1	207,4	203,8
	200	667,1	576	507,8	406,8	277,3	225,9	224,3
		30	45	60	90	120	180	360
	2	62,3	46,9	40,2	30,4	26,1	21,2	13,7
	5	88,6	63,9	53,2	40,8	37,5	29,1	16,6
	10	106,1	75,2	61,8	47,7	45	34,3	18,5
	20	122,8	86	70,1	54,3	52,2	39,3	20,4
	25	128,1	89,5	72,7	56,4	54,4	40,9	21
50	144,5	100	80,8	62,9	61,5	45,7		
100	160,7	110,5	88,8	69,3	68,4	50,6		
200	176,9	121	96,8	75,8	75,4	55,4		

Tabell 5 IVF-Verdier fra Madla målestasjon (kilde: produsert i Excel, (Norsk Klimaservicesenter, u.d.))

		Minutter						
IVF (l/(s*ha))		1	2	3	5	10	15	20
Gjentaksintervall (år)	2	271,8	230,8	205,7	170,2	119,8	98,9	83,6
	5	328,7	279	248,2	215,9	160,1	131,5	113,1
	10	366,3	311	276,4	246,1	186,8	153,1	132,6
	20	402,4	341,6	303,4	275,1	212,4	173,9	151,4
	25	413,9	351,3	311,9	284,4	220,5	180,4	157,3
	50	449,1	381,3	338,3	312,7	245,5	200,7	175,7
	100	484,2	411	364,5	340,9	270,4	220,8	193,8
	200	519,1	440,6	390,7	369	295,2	240,9	212
		30	45	60	120	180	360	720
	2	62,7	47,3	39,1	25,1	21	14,3	10,3
	5	84,5	64,4	53,4	33,3	27,1	17,5	13,5
	10	98,9	75,7	62,8	38,8	31,1	19,7	15,5
	20	112,7	86,6	71,9	44	35	21,7	17,5
	25	117,1	90	74,8	45,7	36,2	22,4	18,2
50	130,6	100,6	83,6	50,8	40	24,4	20,1	
100	144	111,1	92,4	55,9	43,7	26,4	22,1	
200	157,4	121,6	101,2	60,9	47,5	28,4	24	

Tabell 6 IVF-Verdier fra Våland målestasjon (kilde: produsert i Excel, (Norsk Klimaservicesenter, u.d.))

3.3 Beregningsmetoder

3.3.1. Den rasjonelle metode

$$Q = A * C * I * K_f$$

Q : Avrenning

C : Avrenningsfaktor

A : Areal (hektar)

I : Nedbørsintensitet

K_f : Klimafaktor

Figur 19 Rasjonelle metode formel, med tegnforklaring (kilde: (Ødegaard, et al., 2014))

Den rasjonelle metoden er en formel som brukes for å beregne et overslag av overvannsmengder. I følge VA-norm kan metoden anvendes på arealer opp til 20 ha (Stavanger kommune, (b)). Likevel brukes den ofte i dimensjonering av urbane felt mellom 20-50ha (Ødegaard, et al., 2014), dermed aktuelt for byggetrinn-2 som har et areal på omtrent 29 ha. Dersom et område er større en 20 ha kan det være gunstig å dele det i mindre delfelt på under 20ha for å få bedre oversikt over lokale avrenningsmønstre og mengder.

Svakheter i formelen ligger i underliggende antagelser, disse er:

- Konstant nedbørsintensitet på arealet gjennom hele nedbørsperioden.
- Ensartet avrenning og infiltrasjon over hele arealet.
- Konstant avrenning og infiltrasjon gjennom hele nedbørsperioden.
- Konstant volumstrømning i ledningsnett gjennom hele nedbørsperioden.

(Butler & Davies, 2004)

Området man skal se på må deles inn etter flatetyper, der man antar avrenningskoeffisient for disse flatene basert på norm. Deretter beregner man en middelvei for avrenning på tomten, som multipliseres med det totale areal, den valgte nedbørsintensitet og klimafaktor (Ødegaard, et al., 2014). Noe som også kan være gunstig, er å estimere de eksisterende overvannsmengdene for å fastslå forskjellen i vannmengder før og etter en utbygging. Dette fordi man som regel ikke skal slippe mer overvann inn på eksisterende VA-nett, enn det som blir sluppet på før utbygging. Noe som også er vanlig, er at byggherre bestemmer tillatt utløpsmengde, som da blir dimensjonerende for entrepenør (COWI, 2021).

3.3.3. Regnhyetogram

En av svakhetene med den rasjonelle metoden, er at man tar utgangspunkt i såkalte kasseregner, altså regner med konstant intensiteten. Selv om dette gjør det enklere å estimere overvannsavrenning, gir det også et mangelfullt inntrykk av de forventede nedbørsforløpene. En metode som ofte brukes for å illustrere et mer realistisk regnforløp er et såkalt symmetrisk regnhyetogram. Da tar man utgangspunkt i at de mest intensive minuttene i et regnskyll opptrer mot midten av nedbørsperioden, og de minst intensive i begynnelsen og slutten av regnforløpet. En annen fordel ved bruk av regnhyetogram er at man får dimensjonerende vannmengder for hele ledningsnett. Med dette menes, at i store ledningsnett, hvor det tar tid for vannet å renne helt gjennom, kan man forestille seg at det fraktes forskjellige deler av regnforløpet i de forskjellige delene av nettverket. (Ødegaard, et al., 2014).

For konstruksjonen av et regnhyetogram må man anta en total regnvarighet og beregningssteg, i denne oppgaven henholdsvis 60- og 5- minutter. Etersom IVF-tabeller ikke nødvendigvis inneholder alle tallene som kreves med hensyn på det bestemte beregningssteget, kan man ta i bruk linær interpolasjon for å estimere de manglende verdiene.

$$I_{10} = \frac{V_{10}}{\Delta t} = \frac{V_{10}}{10}$$

$$I_{20} - I_{10} = \frac{V_{20} - V_{10}}{\Delta t}$$

$$I_{30} - I_{20} = \frac{V_{30} - V_{20}}{\Delta t}$$

$$I_{40} - I_{30} = \frac{V_{40} - V_{30}}{\Delta t}$$

$$I_{50} - I_{40} = \frac{V_{50} - V_{40}}{\Delta t}$$

$$I_{60} - I_{50} = \frac{V_{60} - V_{50}}{\Delta t}$$

Figur 20 Utregningmetode for søyler i et regnhyetogram
(kilde: (Ødegaard, et al., 2014))

En antagelse for metoden er at den kraftigste intensiteten fremtrer i midten av et regnskyll. På grunn av dette sier man at I_{10} er intensiteten i midten av et 60 minutters regnforløp, altså 30- og 35 minutter inn i regnperioden. I_{20} er intensiteten etter 25- og 40 minutter osv, slik får man et symmetrisk søylediagram. For å bevare det totale volumet må man trekke fra tidligere volum når en regner ut intensiteten over de forskjellige intervallene (se Figur 20) (Ødegaard, et al., 2014).

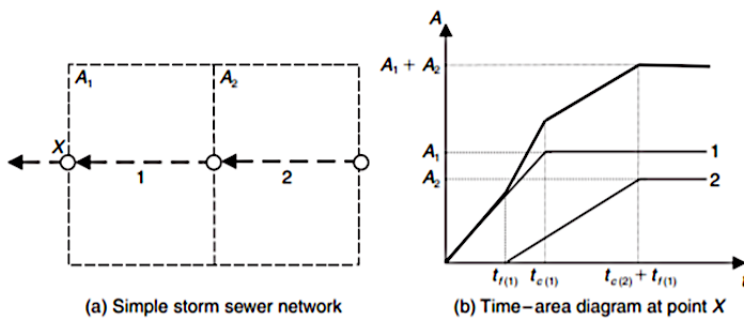
Det er også mulig å benytte seg av regnhyetogram for dimensjonering av fordrøyningsmagasin, ettersom det gir et bilde på de totale vannmengdene i et realistisk regnforløp. Dette gjøres ved å sammenligne nedbørsintensiteten gitt i de forskjellige søylene, med det tillatte utslippet i påkoblingen ut fra området. For de periodene i regnhyetogrammet hvor nedbørsintensiteten er større enn tillat vannføring i utslipp, vil det være behov for fordrøyning. Ettersom man også vet hvor lenge disse periodene varer i regnhyetogrammet, altså beregningssteget, kan man estimere det totale volumet som oppstår, som da blir den dimensjonerende fordrøyningsmengde (UiS, 2021).

3.3.4. Tid-areal metoden

$$Q(t) = \sum_{\omega=1}^N \frac{dA(j)}{dt} I_{\omega}$$

$Q(t)$ runoff hydrograph ordinate at time t (m^3/s)
 $dA(j)/dt$ slope of the time-area diagram at time j (m^2/s)
 I_{ω} is the rainfall depth in the ω th of N blocks of duration Δt (m)
 j $t - (\omega - 1) \Delta t$ (s)

Figur 21 Formel, tid-areal metoden (kilde: (Butler & Davies, 2004))



Figur 22 Eksempel av konstruert tid-areal diagram for et enkelt overvannsnett (kilde: (Butler & Davies, 2004))

Tid-areal metoden er en videreføring av den rasjonelle formel, hvor feltet deles inn i mindre arealer, der hvert delareal har samme avrenningskoeffisient og konsentrasjonstid. Avrenning påvirkes både av feltets form og konsentrasjonstid. Det betyr at felt med ulik form og likt areal kan gi veldig forskjellige avrenningssituasjoner, noe som gjør at det er viktig å beskrive formen så nøyaktig som mulig. For å gjøre dette brukes det man kaller tid-areal kurver (se Figur 22). Modellspesifikke data rundt impermeabiliteten til massene i grunnen og ulike hydrologiske parametre må defineres i modellen. Initialtapet er mengden vann som må stuves på overflaten før avrenningen starter, og er ett slik hydrologisk parameter. Tid-areal metoden gir ett mer korrekt bilde av avrenningssituasjonen enn den rasjonelle metoden, men krever tilgjengelig veldig mye inndata og er derfor vanskeligere å benytte uten bruken av dataprogrammer (Butler & Davies, 2004). Et eksempel på et slik program er MIKE MOUSE fra DHI, hvor man kan kjøre simuleringer basert på tid-areal metoden (DHI, 2017).

3.3.5. Manning's formel

$$V = MR I^{2/3}$$

$$Q = MAR I^{2/3}$$

- v = Vannhastighet [m/s]
- M = Manningstallet [$m^{1/3}/s$]
- R = Hydraulisk radius [m]
- I = Helning [m/m]
- Q = Vannføring [m^3/s]
- A = Strømningsareal [m^2]

Figur 23 Mannings formel, med tegnforklaring (kilde: (Statens Vegvesen, 2020) s.61)

Mannings formel (se **Figur 23**) brukes dersom man skal beregne vannets hastighet i åpne renner eller kanaler, altså i tilfeller der en vil vite vannhastighet i ikke-trykksatte rør. I forlengelse kan man dermed også benytte seg av formelen for å finne vannføringen, da ved å multiplisere den beregnede vannhastigheten med vannlederens strømningsareal. Med strømningsareal menes det våte tverrsnittets areal i røret eller rennen (Ødegaard, et al., 2014). Utregningen er også avhengig av noe kalt Mannings tall (se Figur 24) som beskriver en kontaktflates friksjon (Statens Vegvesen, 2020).

Overflate	Typisk steinstørrelse [mm]	Manningstall M [$m^{1/3}/s$]
Skogbunn	-	5 - 10
Tett gress	-	10 - 20
Gress	-	25 - 30
Leirig jord	0,1	30 - 50
Finsand, silt	0,1 - 1,0	40 - 50
Sand-grus	1,0 - 10,0	30 - 40
Grus, småstein	10 - 30	20 - 30
Lite utviklet erosjonshud	10 - 30	20 - 30
Steinete	> 30	10 - 20
Steinsatt, grov struktur	> 200	5 - 15
Glatt asfalt	-	60 - 80
Ru asfalt	-	50 - 60
Betong	-	80 - 100
Glatt plast	-	70 - 110
Glatt metall	-	80 - 100
Støpejern	-	70 - 100
Glatt steinoverflate	-	50 - 70

Figur 24 Manningstall for vanlige overflater og materialer (kilde: (Statens Vegvesen, 2020) s.130)

3.3.6. Colebrook white's formel

For å beregne maksimal vannføring i en ledning, kan man benytte seg av Colebrook-whites formel. Da trenger man ledningens diameter, fall og materialtype. I denne oppgaven brukes en alternativ versjon av standard Colebrook White's formel (se Figur 25) lært i studiet (UiS, 2021).

$$Q_{max} = -6.95 * \log \left(\frac{0.74}{D_i * \sqrt{D_i * I * 10^6}} + \frac{k}{3.71 * D_i} \right) D_i^2 * \sqrt{D_i * I}$$

Figur 25 Colebrook white's formel (kilde: (UiS, 2021))

Q_{max}: Maksimal vannføring ved full ledning [m³/s]

D_i: Innvendig ledningsdiameter [m]

I: Ledningens fall [m/m]

K: Ruhetskoeffisient [m]

Colebrook White's blir i oppgaven benyttet for å beregne og kontrollere kapasitet på eksisterende og prosjekterte overvannsledninger.

3.3.7. Regnenvelop metoden

$$V_{inn} = i_{z, tr} t_r A \varphi$$

$$V_{ut} = Q_{ut} t_r$$

$$V_{fordrøyn} = V_{inn} - V_{ut}$$

i = nedbørsintensitet

t_r = varighet

A = areal

φ = avr.koeff

Q_{ut} = utslipp

Figur 26 Regnenvelop formel, med tegnforklaring (kilde: (VA-blad, 2006))

Regnenvelop metoden benyttes for dimensjonering av fordrøyningstiltak med konstant utløp. Den krever dermed at man har bestemt hvor mye vann som kan slippes ut. Ved å beregne den totale vannføringen ved forskjellige konsentrasjonstider, kan man finne differansen mellom det som kommer inn i systemet over en gitt periode og det som slippes ut. Denne differansen blir da det nødvendige volumet som fordrøyningstiltaket må kunne lagre (VA-blad, 2006).

3.3.8. Konsentrasjonstid

Overvannets konsentrasjonstid er den tiden en regndråpe bruker, fra den lander på det ytterste punktet i ett nedbørfelt, til det når utløpet (Ødegaard, et al., 2014). Konsentrasjonstiden deles videre inn i tiden vannet renner på overflaten og tiden vannet renner i rør. Summen av disse to gir den totale konsentrasjonstiden.

Vegvesenet lister opp ulike formler som kan benyttes for å beregne konsentrasjonstid for ulike felt i håndbok V240 «Vannhåndtering». Formlene bruker ulike data for å beregne konsentrasjonstid, og de ulike antagelsene i formlene gjør at det anbefales å benytte den som best karakteriserer det aktuelle feltet (Statens Vegvesen, 2020).

En av beregningsmetodene som kan passe bra i dette prosjektet er vist under, myntet på urbane felt.

$$t_k = 0,02 * L_f^{1,15} * \Delta h^{-0,39}$$

t_k = Konsentrasjonstid [minutt]

L_f = Feltlengde [m]

Δh = Høydeforskjellen i feltet [m]

Figur 27 Konsentrasjonstid for urbane felt, med tegnforklaring (kilde: (Statens Vegvesen, 2020) s.50)

Konsentrasjonstiden kan blant annet brukes for å finne den regnintensiteten som gir størst avrenning på overflaten (Ødegaard, et al., 2014).

3.4 Digitale verktøy

Excel

Excel er en programvare utviklet av Microsoft, som brukes for å systematisere og forenkle regning. Dette programmet gjør det blant annet lettere, gjennom bruk av innebygde funksjoner, å lage større regneark. En av fordelene med å bruke dette programmet, kontra å gjøre utregninger for hånd, er at man kan endre verdier underveis og resultatene oppdateres så automatisk. Det kan også brukes for å lage figurer som illustrerer verdier fra tabeller.

Kombinasjonen av disse gjør derfor at dette verktøyet er særlig praktisk dersom man skal foreta analyser av ulike data (Excel X, u.d.). Av disse grunnene vil utregninger i oppgaven hovedsakelig gjennomføres ved bruk av Excel.

Photoshop

Photoshop er et tegne og designprogram utviklet av Adobe, som kan brukes for å redigere, eller selv tegne figurer og bilder. I sammenheng med oppgaver slik som denne, kan programmet være gunstig dersom man trenger illustrasjoner som ikke er tilgjengelig på nettet (Adobe, u.d.).

AutoCAD og Novapoint

AutoCAD er utviklet av Autodesk og er et såkalt CAD (computer aided design) -verktøy som brukes for å lage nøyaktige 2D og 3D tegninger. Det brukes innenfor mange ingeniørfag ettersom det finnes moduler som bidrar til effektiviseringen av produksjonen av et vidt spekter tekniske tegninger. Mange andre digitale verktøy har derfor innebygd kompatibilitet eller avhengighet med/av AutoCAD, slik som for eksempel Novapoint som brukes for modellering av infrastruktur. Novapoint er et norskutviklet program fra Trimble. (Autodesk, 2021) (Trimble, 2021)

Modellering ved hjelp av Autocad og Novapoint

Kombinasjonen av Novapoint og AutoCAD gjør det enkelt og mer effektivt å produsere blant annet tekniske tegninger for veg, vann og avløp slik som tverrsnitt, horisontal- og vertikalprofiler. SOSI-filer som inneholder områdedata importeres til Novapoint for å lage et beregningsgrunnlag. Dette kan videre eksporteres og brukes som referanseobjekt i AutoCAD, noe som gjør det mulig å tegne linjer som ligger i forhold til terrenget. Spesialfunksjoner i AutoCAD gjør at man kan definere hva linjene skal brukes til. Når dette er gjort kan linjene hentes tilbake i Novapoint for å skape 3D BIM modeller av infrastrukturen langs disse linjene. En av de største fordelene med dette systemet er at man får inntrykk av hvordan sluttproduktet vil se ut, og det er enklere å oppdage feil ved prosjekteringen, samt prøve forskjellige løsninger. Når en er trygg på at modellen samsvarer med tiltakets rammer, kan dataene hentes inn i AutoCAD for å skrive ut relevante tekniske tegninger som kan brukes ved bygging (Autodesk, 2021) (Trimble, 2021). Bruken av disse programmene gjør det enklere for ingeniører å drive med tverrfaglig samhandling, da for eksempel kollisjonskontroll, noe som er essensielt i projekter slik som Nye SUS der det er mye teknisk infrastruktur og anlegg som projekteres samtidig (COWI, 2021).

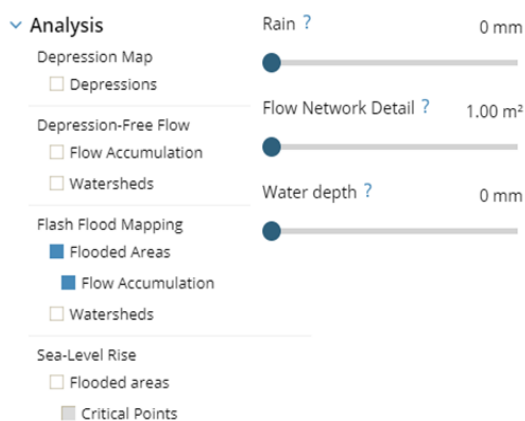
SCALGO

SCALGO LIVE er en danskutviklet programvare som brukes til å analysere terrengoverflater, kartlegge lavpunkter hvor vann samler seg, illustrere avrenningslinjer på overflaten og markere flomutsatte områder. Man kan også finne kritiske punkter basert på havstigning.

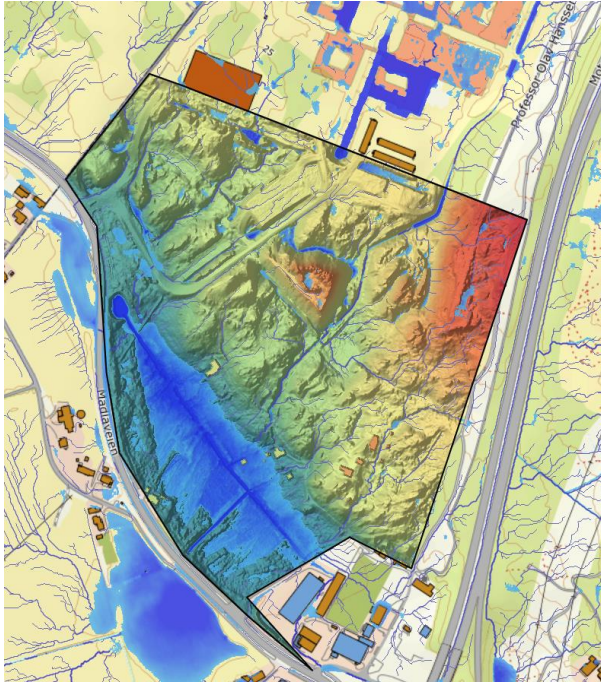
SCALGO står for “Scalable Algorithmics”, og programmet er basert på geometriske algoritmer for å danne detaljerte terrengmodeller. Utviklerne er blant de fremste forskerne på dette feltet, med bakgrunn fra Universitetet i Aarhus i Danmark og Duke Universitetet i USA. Fra begynnelsen da det kun var lagt inn modeller i Danmark, finnes det nå detaljerte modeller for hele Skandinavia. Programmet er nettbasert, som gir tilgang til de nyeste kartmodellene i de ulike landene, da de hentes rett fra leverandørens servere. I programmet kan man finne kart over grunnforhold, kommuneplaner og flyfoto for å nevne noen. Programvaren gir også muligheten til å manipulere terrenget og laste inn egenproduserte modeller, som vegmodeller eller terrengmodeller. Dette gjør at ulike løsninger kan prøves ut og man kan få inntrykk av hvordan prosjekterte modeller påvirker avrenningen. (SCALGO, u.d.)

Analysen i SCALGO

SCALGO LIVE gir en god oversikt over områdets avrenningslinjer og steder vann kan samles. Derfor er SCALGO LIVE hensiktsmessig for å vurdere flomutsatte områder og kritiske punkter i avrenningen. Programmet har også noen begrensninger, ettersom det ikke tar hensyn til enkelte hydrauliske og hydrologiske parametere slik som infiltrasjon, ledningsnettets kapasitet og vannhastighet. Det er også begrensninger på oppløsning, noe som kan gjøre det vanskelig å lage spesielt detaljerte analyser (COWI, 2021). SCALGO baserer seg på nedbørmengdene og vannstandene for området.

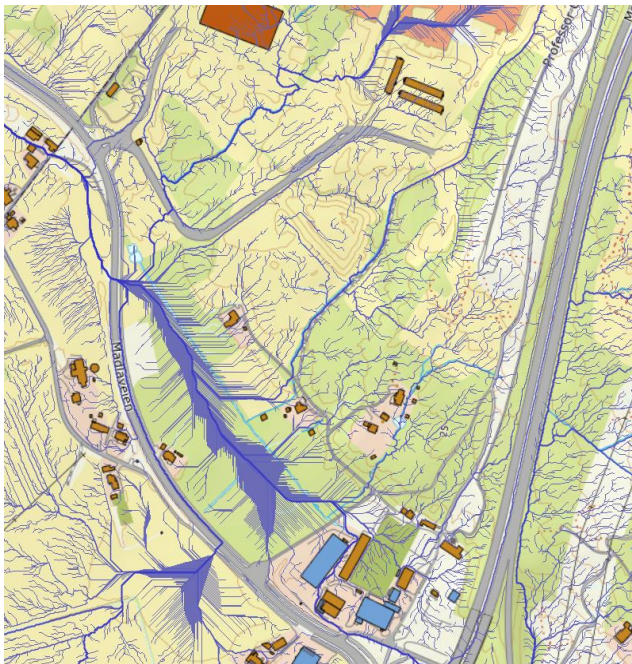


Figur 28 Analyse metoder og parametre for kumulativ avrenning i SCALGO (kilde: produsert i SCALGO)



Figur 29 Kumulativ oppsamling ved 25mm nedbør, byggetrinn-2, eksisterende situasjon (kilde: produsert i SCALGO)

Avrenningsanalyser kan gjennomføres med bruk av to ulike metoder, “Flash Flood Mapping” og “Depression-Free flow”. Førstnevnte brukes for å se hvor vannet samler seg ved regnskyll, og tilhørende avrenningslinjer (“Flow Accumulation”) som følger terrenget (se Figur 28). Metoden er derfor godt egnet for å finne ut hvilke områder som er utsatt for oversvømmelser. I Figur 29 vises området gitt ett nedbør på 25 mm på eksisterende situasjon.



Figur 30 Avrenning på byggetrinn-2, eksisterende situasjon (kilde: produsert i SCALGO)

Den andre metoden tar utgangspunkt i at alle lavpunkter er fylt med vann, og gir avrenningslinjer for mulige flomveier. I Figur 30 vises avrenningslinjer med “Depression-free flow” for det samme område.

Terrengmanipuleringen i programmet gjør det mulig å prøve ut løsninger for å endre avrenningsmønstrene, ved å heve og senke terrenget. Det er også mulig å legge inn kummer med definert kapasitet og kulverter. Slik kan man se hvordan planlagte løsninger påvirker oppsamling av vann og avrenning. (SCALGO, u.d. (b))

3.5. Rammer

3.5.1. Kapasitet til kulvert

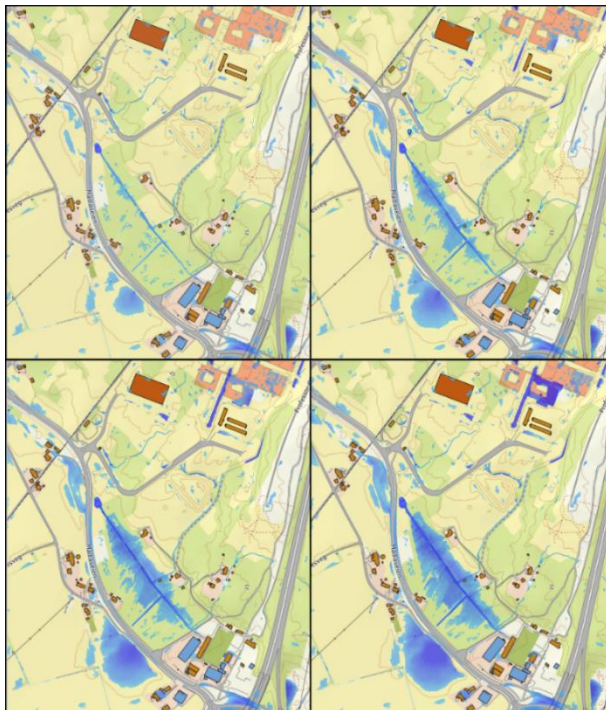
Fra sørsiden av utbyggingsområdet for byggetrinn 2 til Hafrsfjord er det planlagt en overvannskulvert, som skal føre overvann ut i resipienten, med utløp i Grannesbukta. Kulverten og det tilhørende systemet består av to 1600mm betongrør med inntak på begge sider av kollektivakse. Disse møtes utenfor tomt i et 2000mm betongrør. Begge disse strekkene må tas hensyn til ved bestemmelse av utløpenes tilatte kapasitet.

Fall (m/m)	0,005	
Ruhet (m)	0,0015	
DN	Dimensjon	Colebrook white's
mm	m	l/s
1600	1,60	5710,8
2000	2,00	10248,3

Tabell 7 Colebrook white's formel, beregning av kulvertens kapasitet (kilde: produsert i Excel)

I Tabell 7 ser man at to 1600mm ledninger vil ha en større total vannføring enn en 2000mm ledning. Dette er viktig å ta med i betraktning ettersom vannet først skal føres inn i 1600mm ledningene (COWI, 2021).

3.5.2. Grannesbekken



Figur 31 Oppsamling av overvann på området, eksisterende situasjon (kilde: produsert i SCALGO, Photoshop)

Grannesbekken skal føres via kulvert ut mot resipienten i Grannesbukta etter utbygging. Ved dagens situasjon føres bekken via en rensedam for anleggsfasen og ut i eksisterende kulvert (COWI, 2021). Nedenfor vises sekvensen med ulik vannstand rundt bekken og dets påvirkning på området rundt (se Figur 31). Kapasiteten til den nye kulverten vil potensielt bli påvirket av vannmengdene som naturlig dreneres via Grannesbekken. Det tillatte oversvømmelsesarealet langs Grannesbekken kan bli påvirket av utbyggingen, altså at det er mulig deler av nedsenkningen forsvinner.

Bekken og det sideliggende terrenget kan også vise seg å være en god ressurs, med tanke på flom, og sikring av flommengder (COWI, 2021).

3.5.3. Grannesbukta



Figur 32 Grannesbukta verneområde (kilde: produsert i SCALGO)

Grannesbukta i Hafrsfjord er klassifisert som en sårbar vannforekomst og et verneområde, det er i tillegg resipient for overvannsmengdene fra tomten og nærliggende jordbruksareal (se Figur 32). Det stilles derfor særlige krav til kvaliteten på utslipp.

Relevante bestemmelser fra forskrift om fredning av Grannesbukta er som følgende:

II

“Reservatet dekker et areal på ca. 63 daa, hvorav ca. 12 daa landareal.”

III

“Formålet med fredningen er å bevare et marint våtmarksområde med naturlig tilhørende vegetasjon og dyreliv”

IV

“1. All vegetasjon i vann og på land er fredet mot skade og ødeleggelse.”

“3. Det må ikke iverksettes tiltak som kan endre de naturgitte forhold-...”

V

“Bestemmelsene i kap. IV er ikke til hinder for:”

“3. Vedlikehold av tidligere opptatte grøfteavløp som dreneres tilgrensende jord- og skogbruksareal”

VI

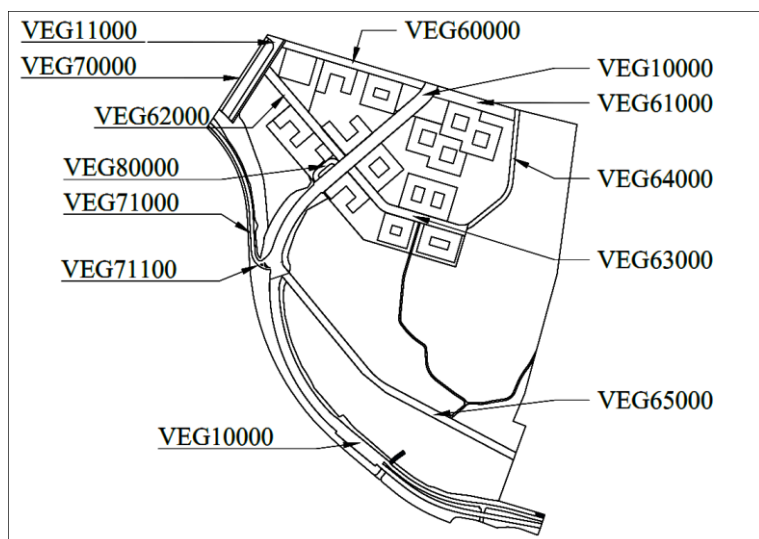
“Forvaltningsmyndigheten kan gi tillatelse til:”

“2. Etablering av nye grøfter for drenering av tilgrensende arealer.”

(Sola kommune, 1996)

4. Veg

4.1 Navnsetting av vegmodeller



Figur 33 Navngivning av planlagte veger (kilde: produsert i AutoCAD)

For å skape oversikt over vegene i prosjektet, navngis alle vegmodeller. Som struktur på navngivningen, benyttes Statens Vegvesen HB V770 (se Tabell 8) (Statens Vegvesen, 2015). Navngivningen baserer seg på å gi veglinjene egne nummer, basert på vegtype. Dette er en praktisk metodikk når det er mange veglinjer i et prosjekt (se Figur 33).

Objektkode	Objektnavn	Linjenummer	Vegtype
90100020	Beregnete_liner	10000–19900	Primærveger
90100020	Beregnete_liner	20000–39900	Sekundærveger
90100020	Beregnete_liner	40000–59900	Kryssområder
90100020	Beregnete_liner	60000–69900	Andre underordnede veger
90100020	Beregnete_liner	70000–79900	Gang- og sykkelveger
90100020	Beregnete_liner	80000–89900	Sideanlegg (kollektivterminal, kontrollplass, rasteplass mm)
90100020	Beregnete_liner	90000–99900	Annet

Tabell 8 Sammenhengen mellom objektkode, nummerserie for linjenavn og vegtype (Statens Vegvesen, 2015) s.97

Kollektivveg, og adkomstveg på vestsiden av prosjektområdet, får henholdsvis navnene VEG10000 og VEG11000 for å markere deres rolle som primærveger for området. Det lille vegstrekket som utgjør deler av kryssløsningen nordvest på prosjektområdet får navnet VEG12000 for å markere den som start/slutt på en vegstrekning ut av området.

De fem torgene som utgjør øst-vest aksene på prosjektområdet regnes som «Andre underordnede veger», og nummereres derfor fra VEG60000 og oppover.

Vegstrekningen på østsiden av området, som skal benyttes av utrykningskjøretøy, er også navngitt som «Andre underordnede veger», og får navnet VEG64000.

Det er i alt tre vegmodeller som er modellert som gang- og sykkelveger. Disse har blitt modellert uavhengig av kjørevegene og torgene, da de ligger tydelig adskilt fra dem. VEG70000 er navnet på gang- og sykkelstien helt vest på prosjektområdet, parallelt med VEG11000. Gang- og sykkelstien som skiller seg fra kollektivvegen og går i nord-vestlig retning på nedre del av området, blir gitt navnet VEG71000. Denne gang- og sykkelstien har et tilhørende vegstrekk i sør-østlig del, som av praktiske årsaker prosjekteres som en egen veg, med navnet VEG71100. Den korte vegen på vestsiden av kollektivvegen, kan karakteriseres som ett «sideanlegg» for kollektivvegen, og er da den siste vegmodellen i nummereringen, med navnet VEG80000 (se Figur 33).

4.2 Horisontal utforming av vegene



Figur 34 Linjeføring for modellering av veger i Novapoint (kilde: produsert i AutoCAD)

De forskjellige vegenes horisontale kurvatur tegnes med utgangspunkt i den eksisterende reguleringsplanen. Figur 34 viser hvordan veglinjene skal ligge på området i forhold til terrenget. For VEG10000 antas det dimensjoneringsklasse H1, med enkelte tilpasninger i krav på bakgrunn av lav ÅDT og fartsgrense, dette grunnet bruksområde som kollektivveg. Enkelte løsninger velges derfor på bakgrunn av krav liggende mellom standarder for H1 og L2. Horisontalkurven med lavest radius langs dette vegstrekket ligger på rundt 210m, og den minste tilatte horisontalkurveradius for H1 er på 250m og for L2 60m i henhold til håndbok N100

(Statens Vegvesen, 2019 (a)). VEG11000 består utelukkende av en rettlinje og samsvarer derfor med standardkravene for horisontalutforming uavhengig av dimensjoneringsklasse. De resterende vegene på området er ikke hovedsaklig klassifisert som kjøreveg, men skal være tilrettelagt for å kunne benyttes av utrykningskjøretøy dersom behovet oppstår. Av den grunn stilles det ikke generelle krav til horisontal utforming.

4.3 Ønsket avrenning

For å bestemme vegenes vertikale utforming med hensyn til overvannshåndtering, må man først fastlå ønsket avrenning. På dette området anses det som gunstig å utnytte VEG10000 som hovedåre ved ledning av overvannet vekk fra bebyggelsen, da grunnet dens sentrerte plassering på området. Gitt terrengets nåværende utforming anses det som greit å lede overvannet fra VEG61000-VEG64000 inn på kollektivvegen, mens det vil være mer gunstig å lede vannet fra VEG60000 mot VEG11000 øst på området. I horisontalkurven på VEG10000 må vegbanen ha ensidig fall med maksimal helning på 8% (Statens Vegvesen, 2019 (a)), dette kombinert med terrengets eksisterende høyder, betyr at det vil være praktisk med et bunnpunkt langs eller ved svingen. Planen for ønsket avrenning illustreres i Figur 35.



Figur 35 Ønsket avrenning langs veger (kilde: produsert i AutoCAD)

4.4 Vertikal utforming av vegene

Vegenes vertikalkurvatur anlegges for å sikre ønsket avrenning, som beskrevet i avsnitt ovenfor, samt å imøtekomme kravene beskrevet i håndbøkene til Statens vegvesen. På samme måte som håndbok N100 gir krav til utforming av horisontalkurvaturen på vegene, gir også denne håndboken krav til utforming av vertikalkurvaturen. De viktigste utformingsprinsippene når det gjelder den vertikale utforming av vegene, er krav til fall og stigning, samt krav til radius på høybrekk og lavbrekk (Statens Vegvesen, 2019 (a)). Høybrekk og lavbrekk brukes for å legge vegene med ønsket høyde over terrenget, slik at balansen mellom skjæring og fylling på vegkonstruksjonene blir best mulig (Stavanger kommune, (b)). Håndbok N100 gir minimumsradius på høybrekk og lavbrekk, som er viktig å benytte når linjer skal utformes vertikalt (Statens Vegvesen, 2019 (a)). I Figur 36 vises et utklipp fra konstruksjonsvinduet i Autocad der vertikolgeometrien til VEG10000, kollektivtraseen, er bestemt.



Figur 36 Konstruksjon av vertikolgeometri for VEG10000 i Autocad (kilde: produsert i AutoCAD og Novapoint)

Radius på høybrekk og lavbrekk på de ulike vegene, vises på C-tegningene i tegningslisten (Vedlegg 1).

Kravet til fall, og stigning, på ulike veger med de forskjellige dimensjoneringsklassene er gitt i håndbok N100. Etersom prosjektet kan betraktes som et urbant område, hvor det er antageligvis kommer til å være mange myke trafikkanter, er det viktig å prioritere universell utforming. Håndbok V129 «Universell utforming av veger og gater» fra Statens vegvesen gir anbefalinger til den fysiske utformingen for å ta ekstra hensyn til personer med bevegelseshemming. Håndboken anbefaler en maksstigning på 5% i sentrumsområder, og dette er derfor den ønskede maksstigningen på vegene i prosjektet (Statens Vegvesen, 2014 (a)). Det er verdt å merke seg at gang- og sykkelvegen på nordvestlig del av prosjektområdet, VEG70000, vil ha en stigning over den anbefalte verdi (se tegning C109 I Vedlegg 1). Selv om vegene i denne delen av prosjektområdet fortsatt er under planlegging i reguleringsplanen, må den likevel benyttes som utgangspunkt. Koblingen mellom VEG70000 og VEG71000 er

ikke planlagt i detalj, og må derfor prosjekteres uten direkte kobling til den gjeldene reguleringsplanen. For at høyden over terreng i start og slutt av vegbanen ikke skal bli for stor, og avvike fra vegene i området rundt, prosjekteres VEG70000 med en stigning litt over anbefalingen. Vertikalkurvaturen til vegene i prosjektet, ligger i på C-tegningene (Se tegningsliste, Vedlegg 1).

4.5 Tverrprofil

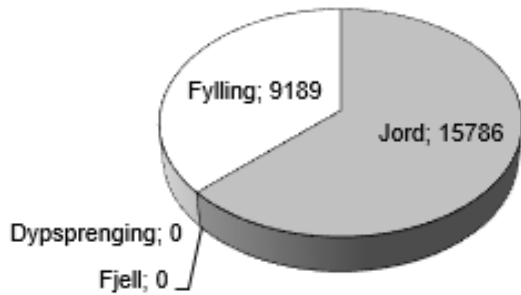
Et av hovedfokusene med denne oppgaven er hvordan å man kan utnytte veger i sammenheng med overvannshåndtering. Da i hovedsak hvordan å lede vannet vekk fra bebyggelse ved bruk av vegene. For å løse dette tas det utgangspunkt i at vegene skal utformes med V-profil, noe som betyr at kjørebane heller ned mot senterlinjen av vegen. I teorien samles da vannet langs senterlinjen, som blir utgangspunktet for antatt avrenning og i forlengelse den vertikale utformingen.

Standard tverrfall på veger er vanligvis 3% på rettstrekninger, ofte anlagt som takfall (Statens Vegvesen, 2019 (b)). Vegene i dette prosjektet skal også ha 3% som verdi på tverrfallet, selv vegene med v-profil. I kurven på VEG10000 vil det være nødvendig med overhøyde, altså fall mot en side, for å motvirke sidekrefter på kjøretøy (Statens Vegvesen, 2019 (b)). Flere av de andre kurvene, slik som på VEG63000 og VEG64000, anlegges også med v-profil, siden man kan se for seg at farten vil være lav på disse vegene. Når det gjelder gang- og sykkelsti, må man ivareta anbefalingene om universell utforming. Med kombinert sykkel- og gangsti, og fortau, anbefales maksimalt 2% tverrfall for å ta hensyn til personer i rullestol (Statens Vegvesen, 2014 (a)). Det prosjekteres derfor med 2% tverrfall også på torgene VEG62000, VEG63000 og VEG65000, da disse i hovedsak skal benyttes av myke trafikanter. Dette vises på F-tegningene (Vedlegg 1). Der det skal anlegges eget sykkelfelt, blant annet i VEG10000, VEG60000, VEG61000 og VEG71000, som vist i C-tegningene, benyttes det hovedsakelig et 3% tverrfall.

Overbygningen på de ulike vegene velges ut ifra vegnormen for sør-Rogaland, en kombinasjon av ulike vegtyper brukes for å få rett overbygning i vegmodellene. Det antas samme overbygning for alle vegene, foruten VEG62000, VEG63000 og VEG65000 som skal legges med brosteinsdekke. Gang- og sykkelsti prosjekteres med en egen oppbygning, i henhold til normen. Alle vegmodellene blir gitt den tykkelsen på forsterkningslag som gjelder for de mest ustabile grunnforholdene, T4, og vil derfor ha et forsterkningslag på 70 cm som utgangspunkt (NKF Nettverksgruppe, 2020). Detaljer rundt overbygning kan sees på F-tegningene bak i tegningsheftet (Vedlegg 1).

4.6 Mengderapport

Mengderapporter fra Novapoint gir ett bilde av hvor mye masser som fjernes, og tilføres i en vegkonstruksjon. Tallene i rapporten påvirkes av grunnlagsdataene som er tilgjengelige i Novapointmodellen, da i hovedsak hvilke grunnforhold som eksisterer i prosjektområdet. I dette prosjektet er det utelukkende antatt løsmasser i grunnen, ikke fjell, grunnet manglende grunnlagsdata. Rapportene gir også ett diagram av forholdet mellom tilførte og fjernede masser, altså mellom fylling og skjæring. Dette vises for VEG10000 I Figur 37.



Figur 37 Forhold mellom fylling og skjæring for VEG10000.
Tall i m³ (kilde: produsert i Novapoint)

Noen andre viktige nummer som kan hentes ut fra mengderapporten, er hvor mye masser i både m³ og m² som inngår i vegens overbygning. Dette viser blant annet mengdene asfalt i de ulike lagene på VEG10000, samt mengden stein som behøves i forsterkningslaget (se **Tabell 9**).

Overbygning	m3	m2
Slitelag	600	17060
Bindlag 1	602	17127
Bindlag 2	0	0
Bærelag 1	1253	17337
Bærelag 2	459	9228
Bærelag 3	0	0
Forsterkningslag 1	11411	20969
Forsterkningslag 2	0	0
Forsterkningslag 3	0	0
Filter- / Frostsikringslag	19	20256

Tabell 9 Mengdene i overbygningen på VEG10000 (kilde: produsert i Novapoint)

I Vedlegg 8 ligger tilsvarende mengderapporter for alle vegene i prosjektet.

4.7 Forurensing

I N200 spesifiseres risikoen for forurensing av vegvann basert på ÅDT som vises i Tabell 10.

Trafikk (ÅDT)	Biologisk påvirkning	Behov for rensetiltak
< 3 000	Lav sannsynlighet for biologiske effekter i vannforekomsten.	Ikke rensetiltak, avrenning over vegskulder og infiltrasjon i grunnen.
3 000 – 30 000	Middels – høy sannsynlighet for biologiske effekter i vannforekomsten. Vannforekomstens sårbarhet (<i>lav, middels, høy</i>) er avgjørende.	Rensetiltak skal benyttes hvis vannforekomsten har <i>middels</i> eller <i>høy</i> sårbarhet. Ved vannforekomster med <i>høy</i> sårbarhet og hvor ÅDT > 15 000 bør rensetiltaket minimum bestå av to trinn.
> 30 000	Høy sannsynlighet for biologiske effekter i vannforekomsten.	Rensetiltak skal benyttes, også ved utslipp til kystvann. Rensetiltak bør minimum bestå av to trinn.

Tabell 10 Risiko for biologisk skade i vannforekomst og behov for rensetiltak (kilde: (Statens Vegvesen, 2018) s.85)

Da er det hovedsakelig VEG- 10000 og 11000 som er relevante grunnet bruk som kjøreveg. I skrivende stund finnes 5 bussruter med stopp på universitetsområdet (UiS, 2020). Ved å se på rutetabellene for disse får man rett i overkant av 300 busser i døgnet i hverdagene (Kolumbus, u.d.). Ettersom VEG10000 kun skal benyttes til kollektivtransport vil dette være et utgangspunkt for forventet ÅDT. Ifølge Tabell 10 fra N200 vil det ikke være behov for rensetiltak, men dette er basert på tak-profil hvor overvannet renner vekk fra vegbanen og direkte ut i grunnen, noe som ikke vil være tilfellet for den planlagte vegen. I tillegg dette regnes Hafrsfjord som en vannforekomst med høy sårbarhet. Det virker derfor som det kan være gunstig å etablere rensetiltak for å være på den sikre siden.

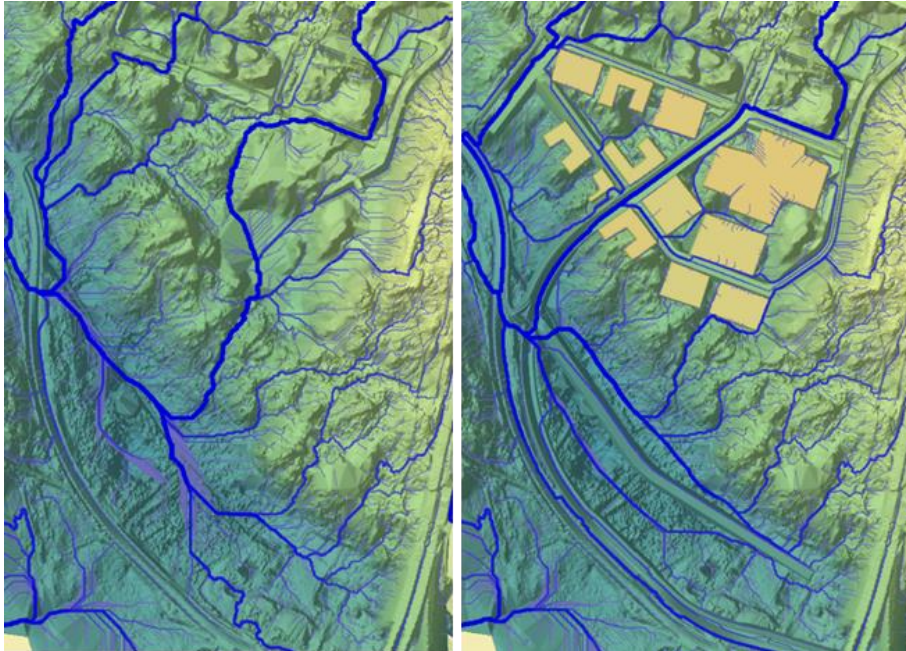
Trinn 1 Primærfunksjon: fjerning av partikkelbundne forurensningsstoffer			Trinn 2 Primærfunksjon: fjerning av løste forurensningsstoffer	
Naturbasert sedimentasjonsbasseng	Infiltrasjons-/filterløsning (stedegne eller tilførte masser)	Teknisk rensetiltak (lukket basseng, rør m.m.)	Infiltrasjons-/filterløsning (stedegne eller tilførte masser)	Lukket filter (basseng, rør m.m. og tilførte masser)

Tabell 11 Trinn ved rensetiltak, deres effekt, og eksempel på tiltak (kilde: (Statens Vegvesen, 2018) s.86)

I Tabell 11 vises ulike trinn i renseprosessen. Da tas det utgangspunkt i at rensetiltak trinn 1 vil være tilstrekkelig for den eventuelle forurensingen langs vegen. For VEG11000 vil det være vanskeligere å bestemme forventet ÅDT, men det kan antas at tilsvarende rensetiltak for overvannet på denne vegen også vil være tilstrekkelig.

4.8 Avrenning i SCALGO

I bildet nedenfor vises det hvordan avrenningsmønsteret endres grunnet de planlagte vegene og konstruksjonene i prosjektet. Man kan tydelig se hvordan avrenningslinjene ligger i senter av vegbanen der de skal utnyttes som flomvei.



Tabell 12 Avrenningslinjer før og etter planlagt utbygging (kilde: produsert i SCALGO)

I Vedlegg 5 er det mulig å se kart fra SCALGO som viser avrenningsmønsteret på området I sin helhet og individuelt på de ulike vegene.

5. Overvann

5.1 Regnforløp og målestasjoner

For å beregne avrenning benytter man seg av IVF-data fra nærliggende målestasjon. For dette området skal man, i henhold til VA-norm, benytte seg av nedbørsdata fra målestasjonen som ligger på Madla (Stavanger kommune, (a)). Dette er også den målestasjonen som ligger nærmest utbyggingsområdet. Likevel kan det være gunstig å sammenligne nedbørsverdiene fra denne målestasjonen, mot verdiene gitt av målestasjonen som ligger på Våland, omtrent like langt unna området. Grunnen til dette er at man bør være trygg på at den nedbørsintensiteten som brukes, er den mest representative for utbyggingsområdet.

For å sammenligne stasjonene, kan man konstruere regnhyetogram basert på dataene fra disse, for deretter å sammenligne de resulterende estimatene for realistiske regnforløp. Ved å se på IVF-verdiene gitt fra de forskjellige målestasjonene, kan man bruke linær interpolasjon for å finne de manglende varighetene med nedbørsintensiteter som kreves for konstruksjonen av regnhyetogram. I dette tilfellet inneholder ikke IVF-tabellene (Norsk Klimaservicesenter, u.d.) verdier for 25-, 35-, 40-, 50- og 55 minutter, dette gjelder for begge målestasjonene (se Tabell 5, Tabell 6).

Regnhyetogram for målestasjonene blir som følgende:

Madla målestasjon

Interpolasjon 5min

min	5	10	15	20	25	30
20-års (l/s*ha)	296,2	203,2	164,2	156	139,4	122,8
50-års (l/s*ha)	340,5	232,9	188,9	183,4	163,95	144,5
min	35	40	45	50	55	60
20-års (l/s*ha)	110,5	98,3	86	80,7	75,4	70,1
50-års (l/s*ha)	129,7	114,8	100	93,6	87,2	80,8

Tabell 13 Interpolerte IVF verdier, 5-min intervall, Madla (kilde: produsert i Excel)

Nedbørsintensitet 10min

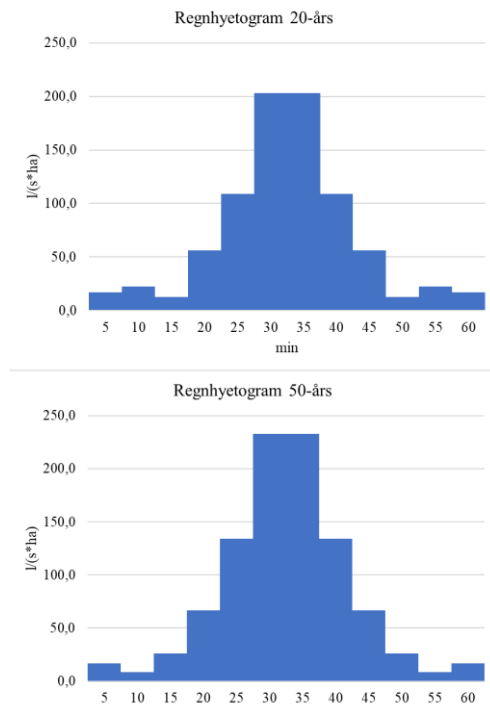
20-års gjentakintervall						
min	10	20	30	40	50	60
$I/(s*ha)$	203,2	156	122,8	95,3	80,7	70,1
I_{min}	203,2	108,8	56,4	12,8	22,3	17,1
50-års gjentakintervall						
$I/(s*ha)$	232,9	183,4	144,5	114,8	93,6	80,8
I_{min}	232,9	133,9	66,7	25,8	8,7	16,8

Tabell 14 Nedbørsintensitet ved gitt varighet – Madla (kilde: produsert i Excel)

Regnhyetogram 5min

Gjentaksintervall	min	5	10	15	20	25	30
20-års	$l/(s*ha)$	17,1	22,3	12,8	56,4	108,8	203,2
50-års	$l/(s*ha)$	16,8	8,7	25,8	66,7	133,9	232,9
Gjentaksintervall	min	35	40	45	50	55	60
20-års	$l/(s*ha)$	203,2	108,8	56,4	12,8	22,3	17,1
50-års	$l/(s*ha)$	232,9	133,9	66,7	25,8	8,7	16,8

Tabell 15 Regnhyetogram tabell, Madla (kilde: produsert i Excel)



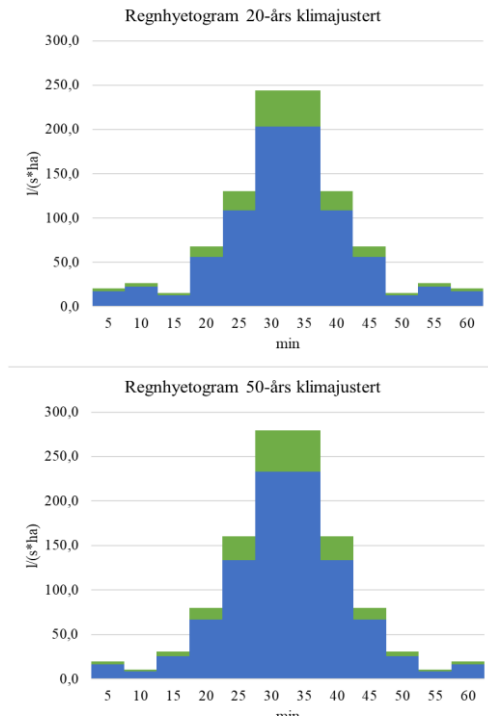
Figur 38 Regnhyetogram, Madla (kilde: produsert i Excel)

Figur 38 viser regnhyetogrammene for ulike gjentaksintervall konstruert på dagens IVF-data. Dersom verdiene skal benyttes dimensjonerende for systemer, må man også inkludere klimafaktoren i beregningene (se Figur 39). Da blir resultatet:

Regnhyetogram 5min justert med klimafaktor

Gjentaksintervall	min	5	10	15	20	25	30
20-års	$l/(s*ha)$	20,52	26,76	15,36	67,68	130,56	243,84
50-års	$l/(s*ha)$	20,16	10,4	31	80,04	160,68	279,48
Gjentaksintervall	min	35	40	45	50	55	60
20-års	$l/(s*ha)$	243,84	130,56	67,68	15,36	26,76	20,52
50-års	$l/(s*ha)$	279,48	160,68	80,04	31	10,4	20,16

Tabell 16 Regnhyetogram tabell (justert med klimafaktor), Madla (kilde: produsert i Excel)



Figur 39 Regnhyetogram (justert med klimafaktor), Madla (kilde: produsert i Excel)

I Figur 39 som er den samme tabellen, justert med klimafaktoren, benyttes blå for å vise det eksisterende hyetogrammet og grønt for å vise hvor mye intensiteten trolig vil øke over tid som følge av klimaendringer. Deretter kan man gjøre det samme, men med utgangspunkt i målestasjonen på Våland, og man får da:

Våland målestasjon

Interpolasjon 5min

min	5	10	15	20	25	30
20-års $I/(s*ha)$	275,1	212,4	173,9	151,4	132,05	112,7
50-års $I/(s*ha)$	312,7	245,5	200,7	175,7	153,15	130,6
min	35	40	45	50	55	60
20-års $I/(s*ha)$	104	95,3	86,6	81,7	76,8	71,9
50-års $I/(s*ha)$	120,6	110,6	100,6	94,9	89,3	83,6

Tabell 17 Interpolerte IVF verdier, 5-min intervall, Våland (kilde: produsert i Excel)

Nedbørsintensitet 10min

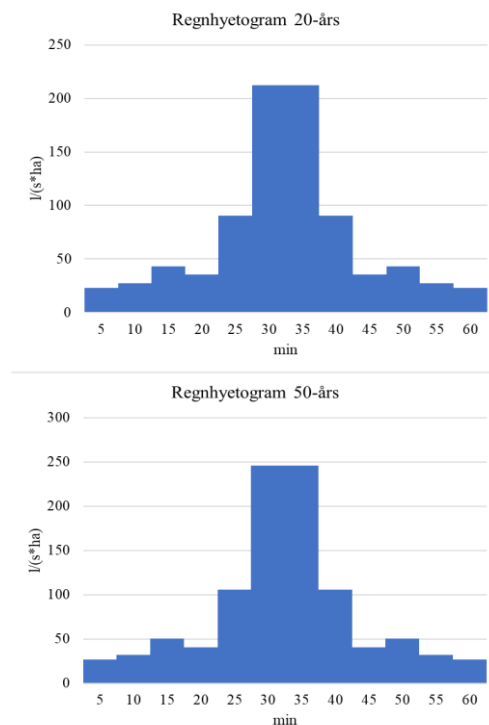
20-års gjentakintervall						
min	10	20	30	40	50	60
$I/(s*ha)$	212,4	151,4	112,7	95,3	81,7	71,9
I_{min}	212,4	90,4	35,3	43,1	27,3	22,9
50-års gjentakintervall						
$I/(s*ha)$	245,5	175,7	130,6	110,6	94,9	83,6
I_{min}	245,5	105,9	40,4	50,6	32,3	26,9

Tabell 18 Nedbørsintensitet ved gitt varighet – Våland (kilde: produsert i Excel)

Regnhyetogram 5min

Gjentaksintervall	min	5	10	15	20	25	30
20-års	$I/(s*ha)$	22,9	27,3	43,1	35,3	90,4	212,4
50-års	$I/(s*ha)$	26,9	32,3	50,6	40,4	105,9	245,5
Gjentaksintervall	min	35	40	45	50	55	60
20-års	$I/(s*ha)$	212,4	90,4	35,3	43,1	27,3	22,9
50-års	$I/(s*ha)$	245,5	105,9	40,4	50,6	32,3	26,9

Tabell 19 Regnhyetogram tabell, Våland (kilde: produsert i Excel)

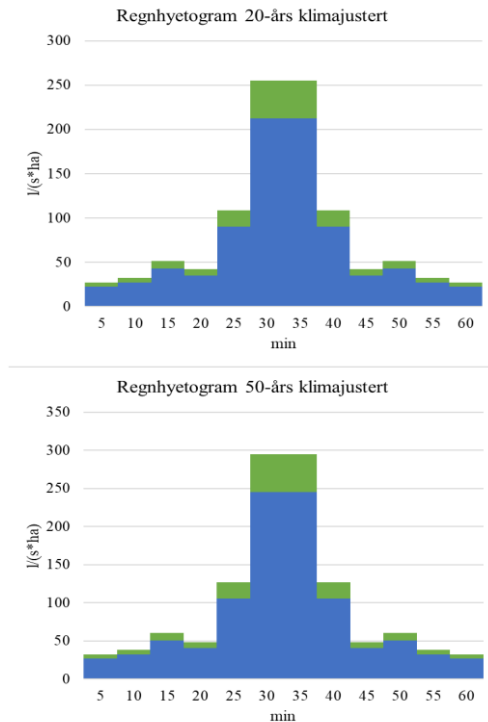


Figur 40 Regnhyetogram, Våland (kilde: produsert i Excel)

Regnhyetogram 5min justert med klimafaktor

Gjentaksintervall	min	5	10	15	20	25	30
20-års	l/(s*ha)	27,48	32,76	51,72	42,36	108,48	254,88
50-års	l/(s*ha)	32,28	38,76	60,72	48,48	127,08	294,6
Gjentaksintervall	min	35	40	45	50	55	60
20-års	l/(s*ha)	254,88	108,48	42,36	51,72	32,76	27,48
50-års	l/(s*ha)	294,6	127,08	48,48	60,72	38,76	32,28

Tabell 20 Regnhyetogram tabell (justert med klimafaktor), Våland (kilde: produsert i Excel)



Figur 41 Regnhyetogram (justert med klimafaktor), Våland (kilde: produsert i Excel)

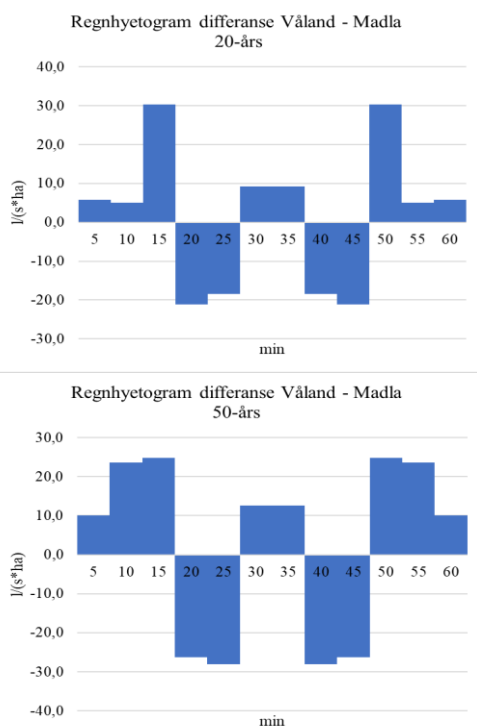
Forskjeller mellom regnhyetogram fra de lokale målestasjonene

Det er altså tydelige forskjeller i de konstruerte regnhyetogrammene som kan være gunstig å undersøke nærmere. Da vil det være aktuelt å illustrere differansen, for å få bedre inntrykk av situasjonen. Fra regnhyetogrammene ser man at Våland målestasjon har en høyere toppintensitet, og dersom man trekker fra verdiene i regnhyetogram fra Madla, får man differansen (se Tabell 21).

Forskjell i regnhyetogram Våland - Madla

Gjentaksintervall	min	5	10	15	20	25	30
20-års	l/(s*ha)	5,8	5,0	30,3	-21,1	-18,4	9,2
50-års	l/(s*ha)	10,1	23,6	24,8	-26,3	-28,0	12,6
Gjentaksintervall	min	35	40	45	50	55	60
20-års	l/(s*ha)	9,2	-18,4	-21,1	30,3	5,0	5,8
50-års	l/(s*ha)	12,6	-28,0	-26,3	24,8	23,6	10,1

Tabell 21 Forskjeller mellom regnhyetogrammene fra Våland og Madla (kilde: produsert i Excel)



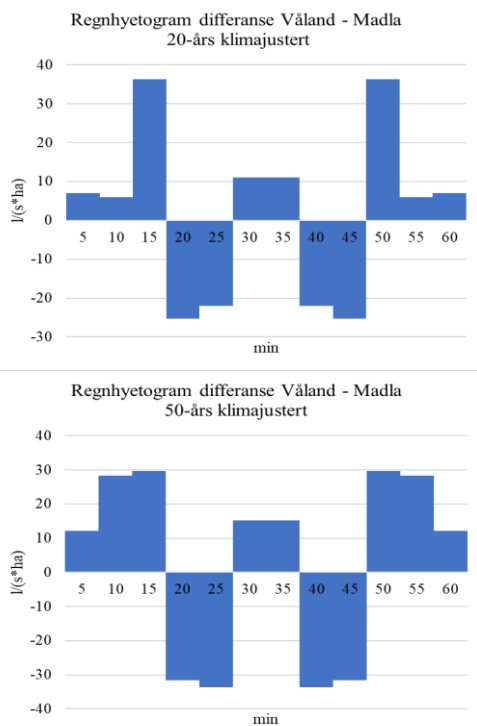
Figur 42 Forskjeller mellom regnhyetogrammene fra Våland og Madla (kilde: produsert i Excel)

I Figur 42 ser man at det er betydelige forskjeller til tross for at målestasjonene ligger veldig nærme hverandre, i et geografisk perspektiv. Da kan man merke seg at Våland har en høyere topp intensitet, og en brattere stigning mot denne perioden, noe som er interessant fra et dimensjoneringsperspektiv. Spesifikt da om differansen er stor nok til at det blir nødvendig å heller bruke Våland for dimensjonerende nedbørsintensitet. For 20 års gjentaksintervall ser man det største skille i periodene 15- og 50 minutter med et avvik på opp til 30,3 l/(s*ha), og for 50 års intervall i periodene 25- og 40 minutter med avvik på 28 l/(s*ha). Det er også spesielt at den maksimale differansen oppstår forskjellige steder i de to gjentaksintervallene. En grunn til dette kan være måten IVF-kurvene for gjentaksintervallene er blitt beregnet, som igjen kan komme i forskjeller i måldata og antallet av disse ved målestasjonene. Forskjellene blir enda tydeligere dersom man også inkluderer klimafaktoren i sammenligningen (se Figur 43).

Forskjell i regnhyetogram Våland - Madla justert med klimafaktor

Gjentaksintervall	min	5	10	15	20	25	30
20-års	l/(s*ha)	6,96	6	36,36	-25,32	-22,08	11,04
50-års	l/(s*ha)	12,12	28,36	29,72	-31,56	-33,6	15,12
Gjentaksintervall	min	35	40	45	50	55	60
20-års	l/(s*ha)	11,04	-22,08	-25,32	36,36	6	6,96
50-års	l/(s*ha)	15,12	-33,6	-31,56	29,72	28,36	12,12

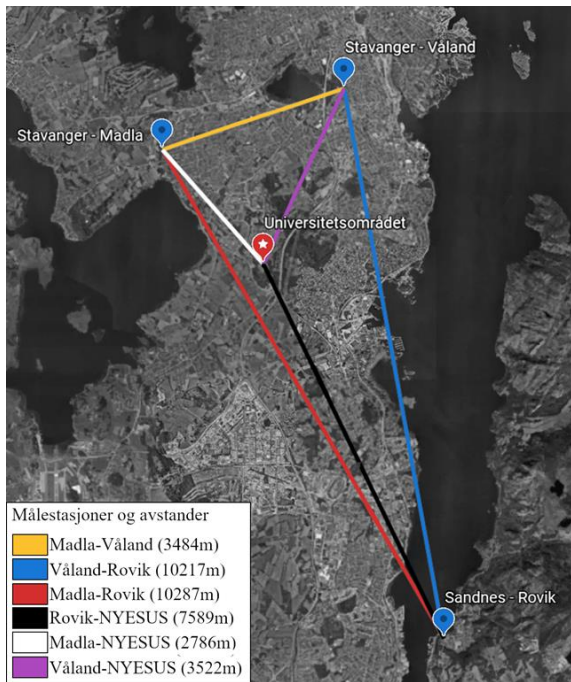
Tabell 22 Forskjeller mellom regnhyetogrammene (justert med klimafaktor) fra Våland og Madla (kilde: produsert i Excel)



Figur 43 Forskjeller mellom regnhyetogrammene (justert med klimafaktor) fra Våland og Madla (kilde: produsert i Excel)

Da øker det maksimale avvik til 36,3 l/(s*ha) for 15- og 50 minutter i 20 års gjentaksintervall, og 33,6 l/(s*ha) for 25- og 40 minutter i 50-års gjentaksintervall.

Ettersom avvikene er såpass store i forhold til den totale nedbørsmengden, vil det være gunstig å undersøke nedbørsdataene nærmere for å fastslå hvilken av målestasjonene som gir mest representative data. Ettersom universitetsområdet ikke ligger langs strekningen mellom Madla- og Våland målestasjon er det interresant å kontrollere med en tredje innmålingstasjon for å estimere den teoretiske IVF-dataen på dette området. Da vil det være mulig, ved bruk av relative distanser og geometriske metoder, å konstruere forholdsvis snittverdier for området. Disse beregningene ligger i Vedlegg 4 og man får da:



Figur 44 Oversikt over nærmeste målestasjoner i regionen (kilde: produsert i Photoshop, (Google, u.d.))

IVF tabellene fra de tre målestasjonene:

Stavanger-Madla													
Gjentaksintervall	Min	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	120	180
20		490	423,5	372,8	296,2	203,2	164,2	156	122,8	86	70,1	52,2	39,3
50		560,9	484,6	426,9	340,5	232,9	188,9	183,4	144,5	100	80,8	61,5	45,7
Stavanger-Våland													
Gjentaksintervall	Min	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	120	180
20		402,4	341,6	303,4	275,1	212,4	173,9	151,4	112,7	86,6	71,9	44	35
50		449,1	381,3	338,3	312,7	245,5	200,7	175,7	130,6	100,6	83,6	50,8	40
Sandnes-Rovik													
Gjentaksintervall	Min	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	120	180
20		558,3	338,6	291,2	258,2	186,3	139,6	112,2	87	66,1	57,6	36,3	29,2
50		645,2	378,2	326,1	294,1	213,4	158,1	126,3	97,9	73,9	65	40,5	32,5

Tabell 23 IVF-data fra Madla-, Våland- og Rovik målestasjon [$l/(s*ha)$] (kilde: produsert i Excel)

Estimert IVF for Universitetsområdet/NYESUS gjennom bruken av relative avstander blir da:

Estimert IVF - Med utgangspunkt i Våland målestasjon													
Gjentaksint.	Min	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	120	180
20		493,0	388,4	340,6	283,1	200,4	159,5	144,1	112,0	81,0	67,2	46,8	36,0
50		564,0	440,6	386,7	324,1	230,0	183,0	167,6	130,4	93,5	77,2	54,4	41,4
Estimert IVF - Med utgangspunkt i Madla målestasjon													
20		492,1	387,7	340,0	282,9	200,5	159,6	144,1	112,0	81,1	67,2	46,7	36,0
50		562,9	439,6	385,9	323,9	230,1	183,1	167,6	130,2	93,5	77,3	54,3	41,4
Gjennomsnitt av estimert IVF													
20		492,5	388,1	340,3	283,0	200,5	159,6	144,1	112,0	81,0	67,2	46,8	36,0
50		563,4	440,1	386,3	324,0	230,1	183,1	167,6	130,3	93,5	77,3	54,4	41,4

Tabell 24 Estimert IVF-data for Universitetsområdet [$l/(s*ha)$] (kilde: produsert i Excel)

Differansen mellom gjennomsnittet av de estimerte IVF-kurvene og de målte IVF-kurvene fra målestasjonene tyder på at målestasjonen på Madla er den mest nøyaktige ved bruk av korte nedbørsvarigheter og tilhørende intensiteter, da bla. 10-minutters, mens målestasjonen på Våland vil være mer nøyaktig ved bruk av lengre varigheter (se Tabell 25).

Min	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	120	180	Snitt
Differanse fra estimert - IVF fra Madla målestasjon													
20	1,01	0,92	0,91	0,96	0,99	0,97	0,92	0,91	0,94	0,96	0,90	0,92	0,941
50	1,00	0,91	0,90	0,95	0,99	0,97	0,91	0,90	0,93	0,96	0,88	0,91	0,935
Differanse fra estimert - IVF fra Våland målestasjon													
20	1,22	1,14	1,12	1,03	0,94	0,92	0,95	0,99	0,94	0,94	1,06	1,03	1,023
50	1,25	1,15	1,14	1,04	0,94	0,91	0,95	1,00	0,93	0,92	1,07	1,03	1,029

Tabell 25 Differanse mellom estimert IVF-data og IVF-data fra de aktuelle målestasjonene (kilde: produsert i Excel)

Det bør nevnes at denne metoden tar utgangspunkt i at det er lineære forskjeller i nedbør mellom målestasjoner, samt at det er benyttet et begrenset antall datapunkter, noe som vil være svakheter. Man skal heller ikke se bort ifra at forskjellen kan komme av en hel rekke faktorer, slik som forskjell i antall målinger gjort, eller hvor mange sesonger de er gjort over. Ettersom metoden i dette tilfellet bare brukes for å kontrollere valg av målestasjon ved videre beregning, anses resultatene tilfredsstillende. Planen er å bruke nedbørsintensiteten gitt ved 10 minutters regn, derfor vil Madla målestasjon bli brukt for dimensjonerte nedbør i videre beregninger.

5.2 Avrenning

For byggetrinn-2 antas det at hele tomten består av eng, skog og dyrket mark, før utbygging, til tross for enkelte mindre bygninger. Ved hjelp av programmet AutoCAD er det mulig å skarvere de forskjellige flatene, og deretter hente ut det totale arealet for de skarverte flatene. Dette vil være utgangspunktet for arealene oppgitt i tabellene ved videre bruk av den rasjonelle metode. For å skildre gjennomføring av den rasjonelle metoden beregnes avrenningen for hele området nedenfor (se Tabell 27).

Formler: Overvann	Beskrivelse
$C_{midl} = (C1A1 + C2A2 + \dots + CnAn) / (A1 + A2 + \dots + An)$	Middelverdi for avrenningskoeffisienter
$Q_{dimn.av} = C_{midl} * A * I_{klimajustert}$ (l/s)	Beregning av overvannsavrenning
$Q_{for} = C * A * I$ (l/s)	Eksisterende overvannsavrenning
Antagelser: Overvann	Verdi
I (Nedbørsintensitet) 20-års regn (10min, l/(s*ha))	203,2
I (Nedbørsintensitet) 50-års regn (10min, l/(s*ha))	232,9
Klimafaktor	1,2
$I_{klimajustert}$ 20-års regn l/(s*ha)	243,8
$I_{klimajustert}$ 50-års regn l/(s*ha)	279,48
C(Tette flater)	0,9
C(Grønne tak)	0,55
C(Grønt)	0,4
C(Parkanlegg)	0,55
C(Grøft)	0,75
C(Kombinert formål)	0,7

Tabell 26 Formler og antagelser for bruk av den rasjonelle metode (kilde: produsert i Excel)



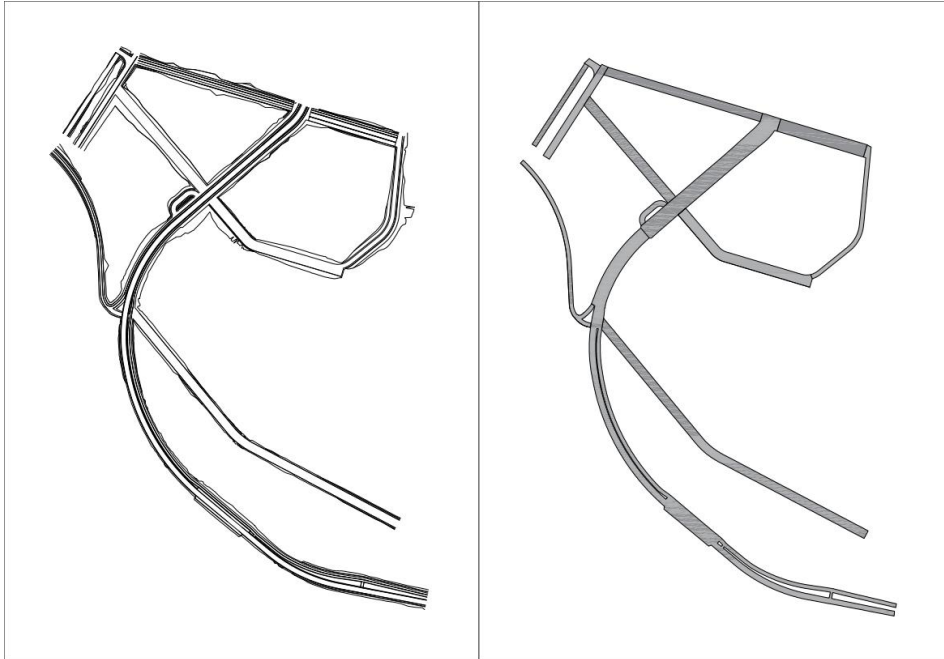
Figur 45 Områdets flatetyper og tilhørende avrenningskoeffisienter (kilde: produsert i AutoCAD)

Flatetype	Areal ha
Tette flater	5,35
Grønne tak	2,84
Grønt	12,00
Parkanlegg	3,52
Grøft	2,05
Kombinert formål	3,45
Totale flater	29,21
Beregninger	Verdi
C_{for}	0,4
Q_{for} (20-års regn)	2374
Q_{for} (50-års regn)	2721
C_{midl}	0,584
$Q_{\text{dimm.av}}$ (20-års regn)	4161,2
$Q_{\text{dimm.av}}$ (50-års regn)	4769,4
Endring	
$Q_{\text{dimm.av}} - Q_{\text{for}}$ (20-års regn)	1787,2
$Q_{\text{dimm.av}} - Q_{\text{for}}$ (50-års regn)	2048,4

Tabell 27 Beregning av dimensjonerende avrenning for byggetrinn-2 (kilde: produsert i Excel)

For å prosjektere ledningsnett for overvann vil det være nødvendig å beregne vannmengdene på området på et mer detaljert nivå, dette for å bestemme rørdimensjoner. Slik som tidligere nevnt, kan man benytte seg av nedbørsintensiteter med en frekvens på 20 år grunnet områdets fremtidige bebyggelse, som ikke regnes som kritisk. Til tross for dette er det bestemt å dimensjonere overvannsledningene etter 50-års regn, for å hindre opptuvninger i ledningsnett mot byggetrinn-1.

Overvannsledningene skal legges under vegene hvor målet med disse er å lede vannet vekk fra bebyggelsen. De nødvendige beregningene gjøres da enkeltvis for hver av vegene. Her brukes den rasjonelle metoden, for å estimere mengden på avrenningen. For å finne vannmengdene i hvert av rørene kan man dele vegenes arealer opp med hensyn på plassering av sandfang, og deretter fastslå vannmengdene for hver av disse delene. For å forenkle beregningen antas det at all nedbøren konsentreres i senteret av vegen på det mest intensive, da benyttes nedbørsintensitet med varighet på 10 minutter ettersom vegene individuelt kan forestilles å være små felt (Stavanger kommune, (b)). Grunnen til dette er at det da blir mulig å se for seg at avrenningen er linær langs hele vegen, og lik langs vegstrekket gitt konstant tverrprofil og fall. Ettersom vegene er modellert og planlagt med en V-profil vil det være realistisk å anta at vannet samles i senter av veg. En feilmargin ligger i tiden det vil ta for en regndråpe å renne fra vegkanten inn mot sentrum. Dette vil i realiteten ha en effekt, hovedsakelig på vegene med stor helning i vertikalprofilen, ettersom regndråper som lander i vegkanten der det i midten av vegen er plassert sluker, vil renne forbi sluken før den når senteret av vegen. I tillegg til dette antas det ved beregning av vannføring, en vannhastighet på 1m/s i rørene.



Figur 46 Prosjekterte vegger (v), tette flater (h), hentet fra Novapoint (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)

Første steg er å bruke de innebygde verktøyene i Novapoint for å skrive ut veglinjene i AutoCAD (se Figur 46). Ved å fjerne grøfte, skjæring og fyllingslinjene står man kun igjen med linjene for de tette flatene. Dersom man skarverer inni omrisset av disse er det mulig å hente ut arealet av de tette flatene. Disse kan deretter brukes i den rasjonelle metoden for å beregne avrenningen på vegene, da benyttes de samme verdiene for nedbørsintensitet og avrenningsfaktor som tidligere i oppgaven (se Tabell 1). Resultatet av dette vises i Tabell 30 og Tabell 29.

Antagelser: Overvann	Verdi
I (Nedbørsintensitet) 50-års regn (10min)	232,9
Klimafaktor	1,2
$I_{\text{klimajustert}}$ 50-års regn	279,48
C(Tette flater)	0,9

Tabell 28 Antagelser for bruk av den rasjonelle metode for vegger (kilde: produsert i Excel)

Deretter må man beregne det nødvendige antall sandfang som skal plasseres i vegene. Grunnlaget for dette vil være forskjellig avhengig av vegens bruksområde og størrelse. Likevel er det også slik at antallet bør tilpasses dersom det viser seg at antallet ikke er stort nok til å imøtekomme behovet for å drenere de dimensjonerte vannmengdene. Faktorene som brukes for å bestemme antall sandfang er derfor basert på vegens areal i henhold til vegnorm (NKF Nettverksgruppe, 2020) samt behov for inntak, da med utgangspunkt i at makskapasiteten til et sandfang er 20l/s (VA-blad, 2016). Man får da:

Vegenes tette flater	
VEG	Areal (ha)
10000 (1)	0,536
10000 (2)	1,1928
11000	0,1527
60000	0,2690
61000	0,2258
62000	0,2547
63000	0,3000
64000	0,1320
65000	0,5749
71000	0,1632

Tabell 30 Arealet av vegenes tette flater (kilde: produsert i Excel)

VEG	Qdimn.av (l/s)
10000 (1)	134,82
10000 (2)	300,03
11000	38,41
60000	67,66
61000	56,80
62000	64,07
63000	75,46
64000	33,21
65000	144,61
71000	41,05
80000	14,28

Tabell 29 Beregnet avrenning på vegene (kilde: produsert i Excel)

Sandfang (basert på inntak)			
VEG	Qdimm.av	Ant SF	Opprundet
10000 (1)	134,82	6,7	7
10000 (2)	300,03	15,0	16
11000	38,41	1,9	2
60000	67,66	3,4	4
61000	56,80	2,8	3
62000	64,07	3,2	4
63000	75,46	3,8	4
64000	33,21	1,7	2
65000	144,61	7,2	8
71000	41,05	2,1	3
80000	14,28	0,7	1
Sandfang (basert på areal)			
VEG	Areal (ha)	Ant SF	Opprundet
10000 (1)	0,536	13,40	14
10000 (2)	1,1928	29,82	30
11000	0,1527	3,82	4
60000	0,2690	6,73	7
61000	0,2258	5,65	6
62000	0,2547	6,37	7
63000	0,3000	7,50	8
64000	0,1320	3,30	4
65000	0,5749	14,37	15
70000	Slått sammen med VEG11000		
71000	0,1632	4,08	5
80000	0,04	1,05	2

Tabell 31 Beregnet behov for antall sandfang, basert på inntak (ø) og areal (n) (kilde: produsert i Excel)

I Tabell 31 vises det nødvendige antall sandfang for å imøtekomme de to faktorene.

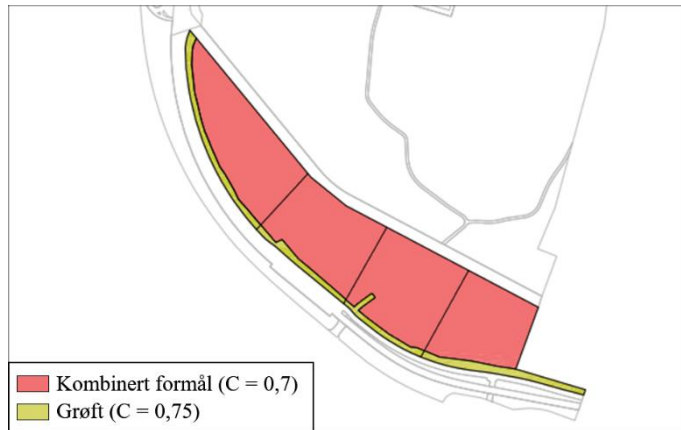
Valgt antall SF

VEG	Ant SF	Begrunnelse
10000 (1)	10	Valgt slik at det maks er 25m mellom hvert sandfang
10000 (2)	23	Utgangspunkt i areal, redusert på bakgrunn av inntak
11000	5	Utgangspunkt i areal, økt på bakgrunn av inntak
60000	4	Inntak
61000	3	Inntak
62000	7	Areal
63000	8	Areal
64000	5	Utgangspunkt i areal, økt på bakgrunn av inntak
65000	10	Utgangspunkt i areal, redusert på bakgrunn av inntak
71000	3	Inntak
80000	1	inntak

Tabell 32 Besluttet antall sandfang, og begrunnelse (kilde: produsert i Excel)

I Tabell 32 vises det valgte antall sandfang for hver av vegene samt grunnen til at dette antallet ble valgt. I utgangspunktet legges sandfangene i vegen med lik avstand basert på antallet, for å finne denne deles vegens lengde på antall sandfang. Deretter kan den totale vannføring i ledningene under vegene estimeres ved å fastslå hvor mye vann som tilsettes

systemet fra de forskjellige sandfangene. Fremgangsmåten kan illustreres ved å vise beregninger gjort ved en av vegene. Som et eksempel på dette brukes VEG65000. Planen for overvannsledningen under denne vegen er at den også skal ta til seg overvannet som samles på det tilknyttede område vist i Figur 47.



Figur 47 Tilhørende delområde for overvannshåndtering langs VEG65000, og flatetyper (kilde: produsert i AutoCAD)

Det antas et behov for minst 4 påkoblinger til ledningsnettets fra det sideliggende området, som følge av områdets utstrekning og størrelse. På grunn av dette deles området inn i 4 mindre delområder for å beregne tilsatte vannmengder fra hver av disse. Igjen brukes den rasjonelle metode, kombinert med AutoCAD's skarveringsverktøy for å finne flatetyperens arealer.

Påkobling til VEG65000		
PK9	Flatetype	Areal ha
	Kombinert formål	0,7330
	Grøft	0,1316
	C_{midt}	0,708
l/s	Qdimm.av (50-års reg)	170,99
PK10		
	Kombinert formål	0,9021
	Grøft	0,069
	C_{midt}	0,704
l/s	Qdimm.av (50-års reg)	190,95
PK11		
	Kombinert formål	0,8295
	Grøft	0,0727
	C_{midt}	0,704
l/s	Qdimm.av (50-års reg)	177,52
PK12		
	Kombinert formål	0,9872
	Grøft	0,1362
	C_{midt}	0,706
l/s	Qdimm.av (50-års reg)	221,68

Tabell 33 Beregnet vannføring i påkoblingspunkter til overvannsledning under VEG65000 (kilde: produsert i Excel)

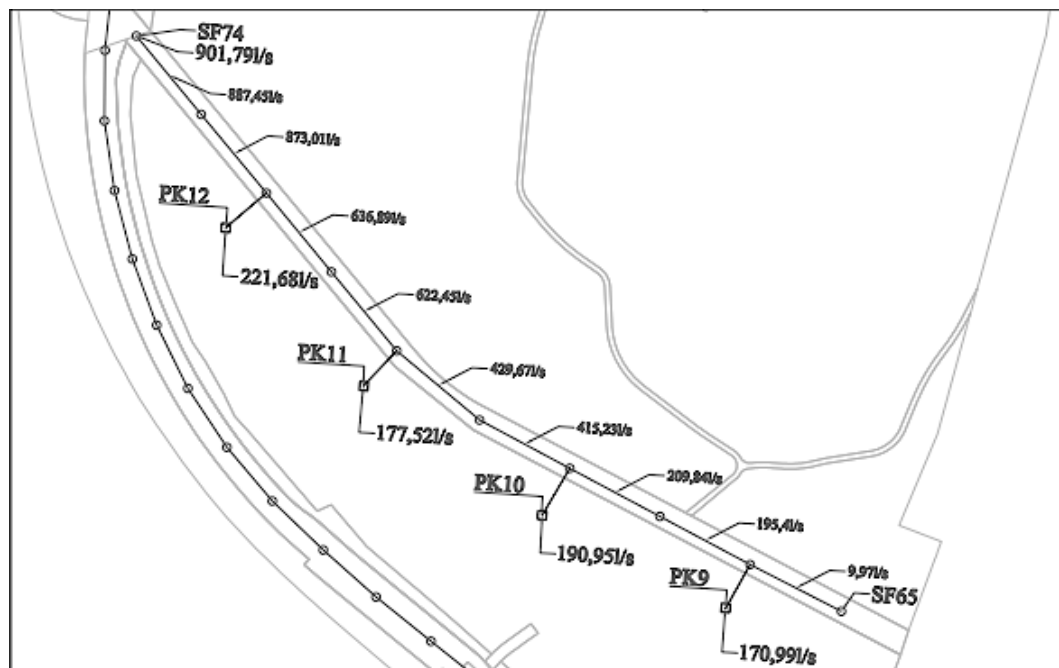
Da får man påkoblingenes vannføringer, som blir nødvendige ved videre beregninger (se Tabell 33). Deretter kan man dele vegens totale dimensjonerende avrenning på dens lengde, og multipliserer med avstanden fra forrige sandfang, eller fra vegens begynnelse om det er det første sandfanget langs strekningen. Ved å gjøre dette for hver av sandfangene er det mulig å estimere den totale vannføringen ved å regne den kumulative verdien av Q_{inn} for sandfanget og alle tidligere sandfang langs strekningen. De vegstrekk der det finnes påkoblinger, må plasseringen av disse bestemmes, og deretter vannføringen legges til på påkoblingspunktet. Utrekningene av dette for VEG65000 vises i Tabell 35 og illustreres i Figur 48.

VEG	Høyde start	Høyde slutt	Lengde	Høydeforskjell	Helning	Helning OV
65000	9,04	11,09	480,7	2,05	0,004	0,005

Tabell 34 Vertikal helning for VEG65000 og helning for underliggende overvannsledning (kilde: produsert i Excel)

Vannføring under veg						Rør dimensjoner - Colebrook white's formel			
VEG	SF	Avstand	Q _{inn}	Påkobling	Kumulativt	Helning	Di (m)	k(m)	Q _{maks}
VEG65000									
	66	33,14	9,97		9,97	0,005	0,2	0,0015	23,47
	67	48	14,44	170,99	195,39	0,005	0,5	0,0015	267,28
	68	48	14,44		209,83	0,005	0,5	0,0015	267,28
	69	48	14,44	190,95	415,22	0,005	0,8	0,0015	923,84
	70	48	14,44		429,66	0,005	0,8	0,0015	923,84
	71	50,73	15,26	177,52	622,44	0,005	0,8	0,0015	923,84
	72	48	14,44		636,88	0,005	0,8	0,0015	923,84
	73	48	14,44	221,68	873,00	0,005	1	0,0015	1662,14
	74	48	14,44		887,44	0,005	1	0,0015	1662,14
	75	47,7	14,35		901,79	0,005	1	0,0015	1662,14

Tabell 35 Kumulativ vannføring under VEG65000, og nødvendige rørdimensjoner for tilhørende strekk (kilde: produsert i Excel)



Figur 48 Kumulativ vannføring under VEG65000 (kilde: produsert i AutoCAD)

Etter man har fastslått vannføringen kan man ved bruk av Colebrooks white's formel finne ut hvilke rørdimensjoner som er nødvendige for å lede vannet ved de respektive ledningsstrekene. For disse utregningene er det antatt en rørruhet på 0,0015m (basert på tall fra lærebok (Ødegaard, et al., 2014)) og helningen er bestemt basert med utgangspunkt i terrengets høyde ved begynnelsen og slutten av de respektive vegene (se Tabell 36).

VEG	Helning terreng
10000 (1)	0,049
10000 (2.1)	0,033
10000 (2.2)	0,006
11000	0,050
60000	0,014
61000	0,009
62000	0,012
63000	0,013
64000	0,030
65000	0,004
71000	0,000

Enkelte steder bør man justere helningen dersom terrenget er spesielt kupert, for å ivareta nødvendig overdekning for overvannsledningen. Det er også viktig at man får nok helning på ledningen til å sikre vannføringen, og kan derfor være nødt å legge den med varierende overdekning i start og sluttspunkt.

Tabell 36 Terrengets helning langs vegene (kilde: produsert i Excel)

Tilsvarende beregninger er gjort for alle vegene, disse ligger i Vedlegg 6.

Resultatet av dette er:

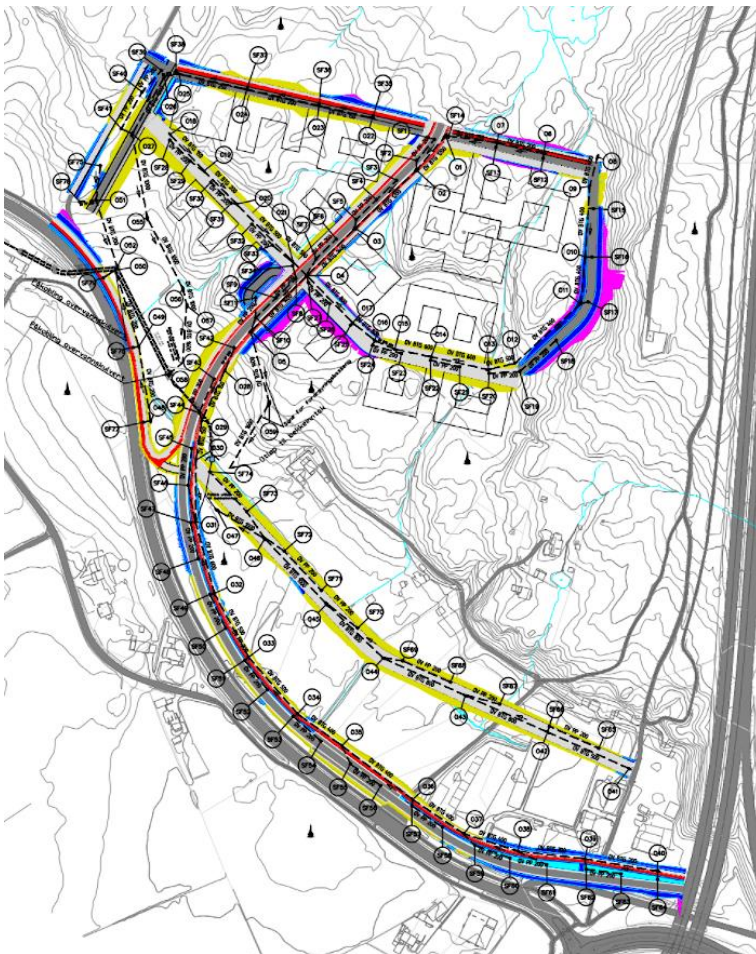
Rørdimensjoner	
VEG	DN (mm)
10000 (1)	1200-1400
10000 (2)	150-600
11000	150-1000
60000	150-250
61000	200-300
62000	150-500
63000	600-800
64000	400-500
65000	200-1000
71000	200-300
80000	150

Tabell 37 Nødvendige rørdimensjoner under tilhørende veger (kilde: produsert i Excel)

5.3 Overvannsledninger og kummer

5.3.1 Det prosjekterte ledningsnettet for byggetrinn-2

Overvannsystemet for byggetrinn 2 består av flere ulike komponenter, både konvensjonelle og blågrønne, som samlet er planlagt og prosjektert for å gi et robust system med tilstrekkelig kapasitet og levetid (se Figur 49). Tradisjonelle sandfang er plassert i vegbane og i grøfter, for å samle opp avrenningen fra de tette flatene. Videre transporteres overvannet igjennom de ulike ledningene som er planlagt, noen med utløp i fordrøyningsbasseng, andre med direkte utløp i den eksisterende overvannskulverten. På denne måten ledes vannet trygt bort fra vegene, og videre i trygt utløp. Beregningene gjort i kapittel 5.2 Avrenning er grunnlaget for dimensjonene på de ulike komponentene. I tillegg må man ta hensyn til gjeldende regelverk for bestemmelse av materialtyper, dimensjoner og plassering. Figur 49 viser utklipp av tegning GH100 i Vedlegg 1.

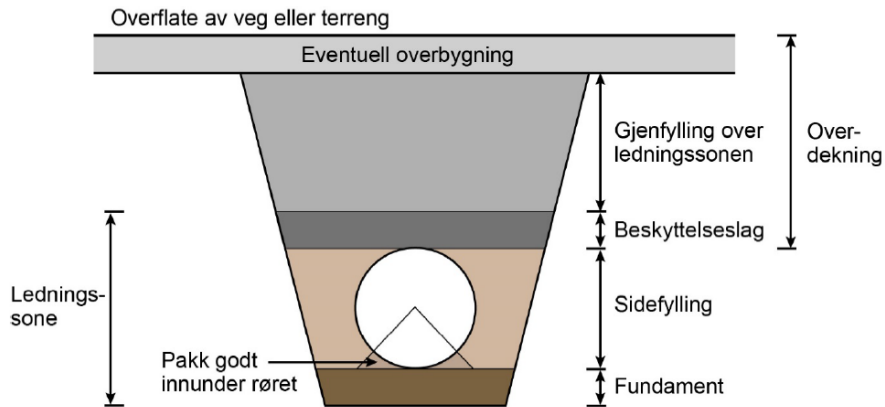


Figur 49 Det prosjekterte ledningsnettet (kilde: produsert i Novapoint og Autocad)

5.3.2 Oppbygning av grøftesnitt

Prinsipp for utforming:

Grøfter i løsmasser og fjell følger standard oppbygning med ulike lag. Disse lagene blir referert til som soneinndeling og er bygget opp av fundament, sidefylling, beskyttelseslag og gjenfylling (se Figur 50).

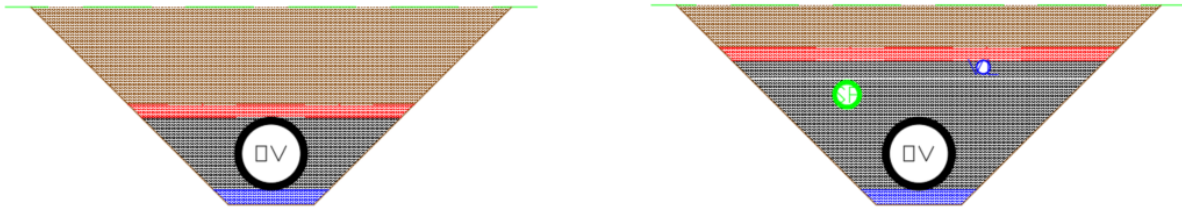


Figur 50 Oppbygning av grøft i veg, med soneinndeling (kilde: (Statens Vegvesen, 2018) s.114)

Utformingen av grøftesnittene for prosjektet er basert på VA-miljøblad 6 «Grøfteutførelse stive rør» (VA-blad, 1997 (a)). Denne veiledningen tar for seg stive rør, slik som betong- eller støpejernrør. Dersom rørmaterialet er av plast, slik som PVC eller PE, finnes det en egen veiledning, VA-miljøblad 5 «Grøfteutførelse fleksible rør» (VA-blad, 1997 (b)). Disse veiledningene tar for seg krav knyttet til tykkelse av fundament, avstander mellom rør og grøfteside, samt hvilke massetyper som er tillatt å bruke. Den største forskjellen mellom oppbygning av grøfter med stive- eller fleksible rør, er kravet til steinstørrelsene som brukes i oppbygningen av grøften (VA-blad, 1997 (a)) (VA-blad, 1997 (b)). Disse kravene er satt for å sikre godt oppbygde grøfter med lang levetid, samt sikre gode arbeidsforhold når arbeidet skal utføres (Arbeidstilsynet, u.d.).

Antagelser for utformingen av grøftesnitt

I denne oppgaven er det overvannshåndtering som er tema, og derfor er oppbyggingen av grøftene kun utført med overvannsledning i grøftesnittet. Da det på flere av ledningsstrekke også skal anlegges vann- og spillvannsledninger, har grøftesnittene blitt tilført en større overdekning, for å lage rom for andre ledninger (se Figur 51). Utformingen er gjort med antagelse om gode grunnforhold, altså at dette er løsmassegrøfter, og gar derfor graveskråning på 1:1 for samtlige grøftesnitt. I en reell situasjon vil det være behov for geotekniske undersøkelser for utforming av grøftesnitt (COWI, 2021).



Figur 51 Grøftesnitt med mer overdekning for å simulere plass til øvrige ledninger (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)

Ved å benytte denne metoden ble håndteringen og modelleringen av elementene i grøften forenklet i prosjekteringsfasen. Noe som er viktig å påpeke er at beskyttelseslaget i grøften, se rødskravert felt (i Figur 51), blir liggende over øverste ledning i grøftesnippet. Dette fører til at mengden sidefylling, beskyttelseslag og gjenfylling i mengderapportene (Vedlegg 8) for grøftene kun baseres på overvannsledning i grøften. I en reell situasjon, der det ofte ligger flere ledninger, får alle ledningene sitt eget fundament og beskyttelseslag, noe som ikke er inkludert i tegningene i denne oppgaven (COWI, 2021). Utgravd masse vil bli lik for begge grøftesnittene, samt for tilførte masser i grøften som vil bli tilnærmet lik, bortsett fra volumet som vann- og spillvannsledningene opptar. Det ble gitt en plan over planlagte vann- og spillvannsledninger på byggetrinn 2 av COWI, som ble brukt for å lage grøftesnitt med hensyn på alle 3 ledningene, overvann, spillvann og vann. Ettersom den sørlige delen av prosjektområdet foreløpig ikke har noen planer for vann- og avløpsledninger, er disse grøftene kun bygget opp med overvannsledning. Siden vann- og spillvannsledningene er knyttet til bebyggelse, er grøftene plassert rundt den planlagte bebyggelsen, bygget opp med hensyn på både overvann-, spillvann- og vannledninger. Dette gjelder da som nevnt ikke for sørlig- og vestlig del av området, altså rundt adkomstveg VEG11000.

5.3.3 Valg av ledningsdimensjoner- og materiale

Ledningsdimensjoner er bestemt på bakgrunn av beregnet vannføring som fraktes i ledningsanlegget (Vedlegg 6).

Ved utregning av nødvendige ledningsdimensjoner, ble det antatt at ledningsmaterialet på alle strekk skulle være betong, med estimert ruhet på 1,5mm. I praksis benyttes ofte 1mm ruhet på betongrør (Ødegaard, et al., 2014), men i denne oppgaven ble 1,5mm benyttet i stedet med sikte på lang levetid og høyt sikkerhetsfokus. De vanligste ledningsmaterialene for overvannsledninger som blir benyttet av Stavanger kommune er betong, PVC- og PP rør (Stavanger kommune, (c)). Under vises ulike faktorer som påvirker valg av ledningsmateriale, utarbeidet av VA-miljøblad (VA-blad, 1998).

Rørmateriale	Trykk *	Diameter **	Bløte grunnforhold	Store utvendige belastninger ***	Undervanns- ledninger
PVC	≤ 25 bar	≤ 630mm	Mindre egnet ³⁾	Mindre egnet	Uegnet
PE	≤ 25 bar ^{0), 1)}	≤ 2000mm ²⁾	Godt egnet ⁴⁾	Godt egnet ⁴⁾	Meget godt egnet ⁴⁾
PP	≤ 25 bar	≤ 1200mm	Godt egnet ⁴⁾	Godt egnet ⁴⁾	Godt egnet ⁴⁾
GRP	≤ 25 bar ⁸⁾	≤ 2400mm ^{40), 41)}	Mindre egnet ³⁾	Godt egnet ⁵⁾	Kan benyttes ⁶⁾
Duktilt støpejern	≤ 40 bar ⁸⁾	≤ 2000mm	Mindre egnet ³⁾	Godt egnet	Kan benyttes ⁷⁾
Stål	≤ 40 bar ⁸⁾	≤ 1600mm	Godt egnet ³⁾	Godt egnet ⁵⁾	Godt egnet ⁷⁾
Forspent betong	≤ 25 bar	≤ 2000mm	Mindre egnet	Meget godt egnet ¹⁰⁾	Mindre egnet
Betong	≤ 1 bar ⁹⁾	≤ 2000mm ⁴⁰⁾	Mindre egnet	Godt egnet ¹¹⁾	Uegnet

Tabell 38 Rørmaterialers egnethet (1) (kilde: (VA-blad, 1998))

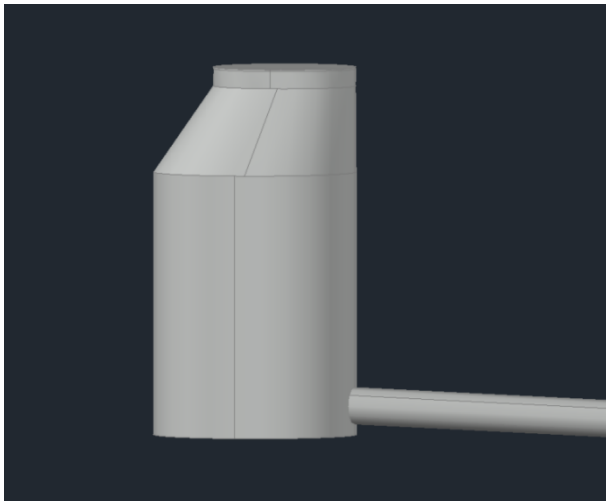
Rørmateriale	Bratt terreng >15° ⁰⁾	Styrt boring / "no - dig"	Aggressivt miljø	Kurvet trase	Eksisterende løsmasser i fundament og omfylling
PVC	Mindre egnet ¹⁵⁾	Ikke egnet	Godt egnet ¹²⁾	Mindre egnet ¹⁹⁾	Egnet ¹⁷⁾
PE	Meget godt egnet ^{13), 4)}	Meget godt egnet	Meget godt egnet	Meget godt egnet ^{14), 4)}	Meget godt egnet ^{4), 42)}
PP	Meget godt egnet ^{13), 4)}	Meget godt egnet	Meget godt egnet	Meget godt egnet ^{14), 4)}	Egnet ¹⁷⁾
GRP	Godt egnet ¹⁵⁾	Kan benyttes ¹⁵⁾	Meget godt egnet ¹²⁾	Egnet ¹⁹⁾	Godt egnet ¹⁶⁾
Duktilt støpejern	Godt egnet ¹⁵⁾	Kan benyttes ^{15), 43)}	Godt egnet ¹⁸⁾	Egnet ¹⁹⁾	Godt egnet ¹⁶⁾
Stål	Meget godt egnet ⁴⁾	Kan benyttes ²⁰⁾	Godt egnet ¹⁸⁾	Mindre egnet ²¹⁾	Godt egnet ¹⁶⁾
Forspent betong	Ikke egnet	Ikke egnet	Mindre egnet ³⁷⁾	Mindre egnet ¹⁹⁾	Meget godt egnet
Betong	Uegnet	Ikke egnet	Mindre egnet ³⁷⁾	Mindre egnet ¹⁹⁾	Meget godt egnet

Tabell 39 Rørmaterialers egnethet (2) (kilde: (VA-blad, 1998))

På bakgrunn av tabellene ovenfor, kan man se hvordan optimalt rørmateriale avhenger av veldig mange faktorer. Med bakgrunn i de krav og anbefalinger som foreligger i VA-normen for Stavanger kommune, begrenses valget av rørmaterialer til betong, PVC og PP. Statens vegvesens håndbok N200, gir ingen spesifikke krav til ledningsmateriale, men baserer seg på hvilke tetthetskrav det foreligger for ledningene (Statens Vegvesen, 2018). I denne oppgaven er alle ledningstrekk prosjektert i betong, utenom stikk fra sandfang, der PP er brukt i stedet.

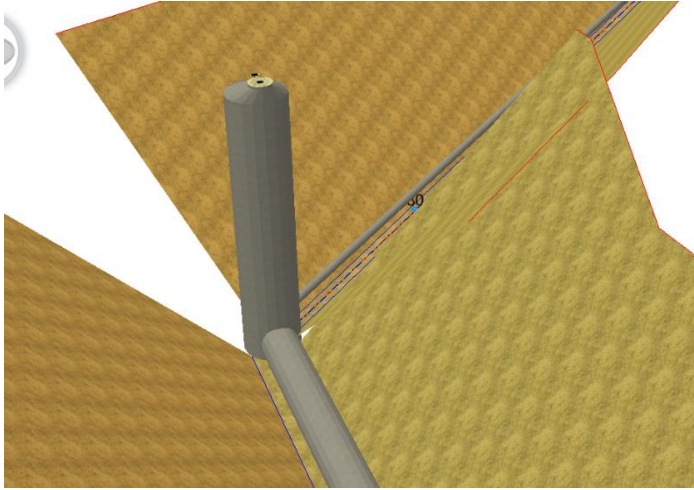
5.3.4 Dimensjoner og materiale på kummer

Overvannskummer brukes for å sikre tilgang til rørledningen for kontroll og inspeksjon, i tillegg til at det i flere tilfeller må benyttes for retningsendringer (UiS, 2021). For vannledninger, og for overvann- og spillvannsledningene i noen kommuner, er det tillatt med bend i grøften for å skifte retning på rørledningene. Dette er ikke tillatt på overvanns- og spillvannsledningene i Stavanger kommune, og her må det derfor brukes kummer i punktene hvor ledningene skal endre retning. I VA-normen til Stavanger kommune stilles det krav til dimensjon på nedstigningskummer, som er satt til minimum Ø1000 mm i diameter (Stavanger kommune, (a)). VA-normens vedlegg 2 «Kum med prefabrikkert bunn, avløp», beskriver at avløpskummer skal avsluttes med eksentrisk kjegle med Ø650 mm kumløkk (Stavanger Kommune, (d)). Nedenfor vises ett utdrag fra 3D fagmodell i Autocad av en Ø1000 mm kum med Ø650 mm kjegle overgang.



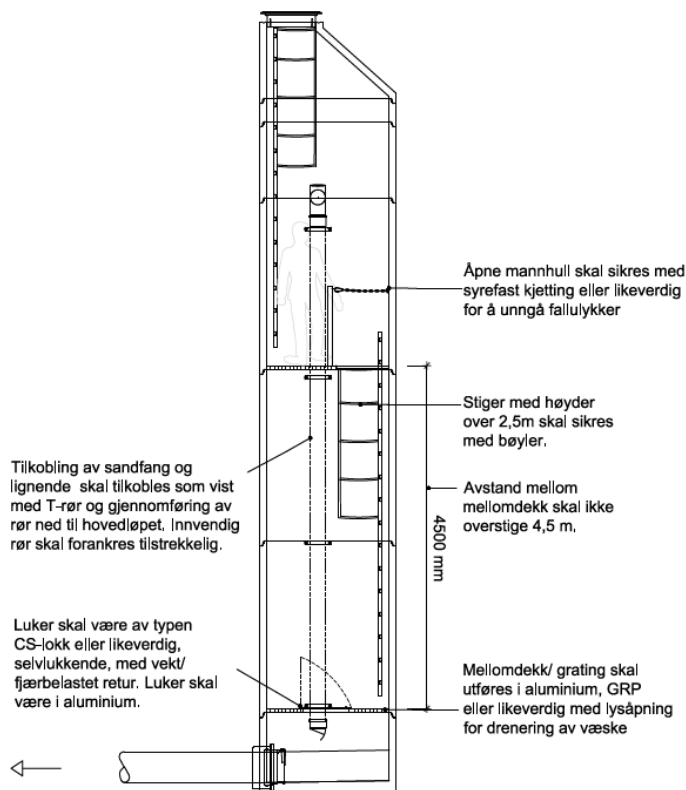
Figur 52 Ø1000 mm kum med Ø650 mm kjegle fra 3D fagmodell i Autocad, O28 (kilde: produsert i AutoCAD og Novapoint)

Det er verdt å merke seg at vedlegg 2 i VA-normen for Stavanger kommune, er begrenset til avløpskummer med en diameter på Ø1200 mm, samt kun standard løsninger på kummene (Stavanger Kommune, (d)). I dette prosjektet er det prosjektert ledninger med dimensjoner på 1200-1400 mm, og de trenger følgelig kummer over Ø1200 mm. Det er derfor valgt relativt store dimensjoner på kummene, de største med dimensjon på Ø2000 mm. Disse kummene er som sagt brukt der det er snakk om store ledningsdimensjoner, og Ø2000 mm kummene er plassert i det største ledningsstrekket i VEG10000 (tegning GH101). Det spesielle med flere av kummene på dette strekket er at de er veldig dype, opptil 11 meter. Den dypeste kummen er i påkoblingspunktet til byggetrinn 1, kum O1 (tegning GH101). I Figur 53 vises en 3D-modell i Novapoint av en slik dyp kum, med sin tilhørende 1200 mm ledning, samt tilstøtende ledning fra VEG61000.



Figur 53 Ø2000 mm kum fra 3D modell i Novapoint. O1 (kilde: produsert i Novapoint)

Grunnet dybden på disse kummene, er de bygd opp på en annen måte enn en standard kum. Figuren nedenfor viser ett prinsipp av en Ø1600 mm kum med dybde på mer enn 6 meter.

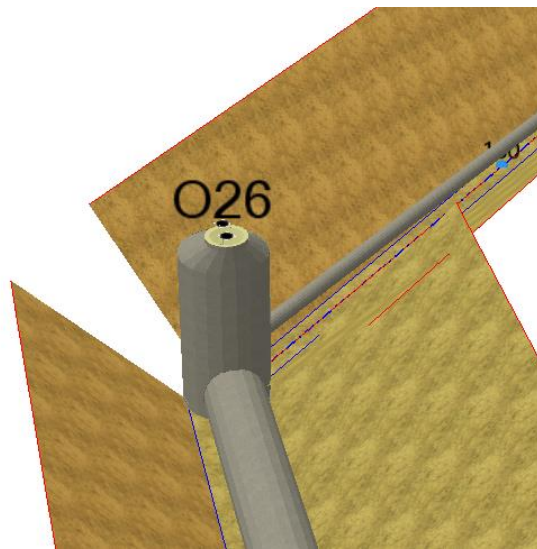


Figur 54 Prinsippetegning fra COWI, dype kummer (kilde: (COWI, 2021))

Dybden på ledningene, i kombinasjon med dybden til flere av kummene, fører til spesielle løsninger for påkobling av sandfang og tilstøtende ledninger. Ledningen som er plassert på høykant i de dype kummene, vist på Figur 54, brukes for å koble sandfang eller andre ledninger av mindre dimensjoner til kummene, for å slippe veldig brede og dype grøfter i påkoblingen. Denne løsningen sikrer god hydraulikk i kummen, samt bidrar til trygg og mer

komfortabel adkomst med tanke på vedlikehold. Med det menes at driftspersonell slipper å bli sprayet med vann fra sandfang, på veg ned i kummen (COWI, 2021).

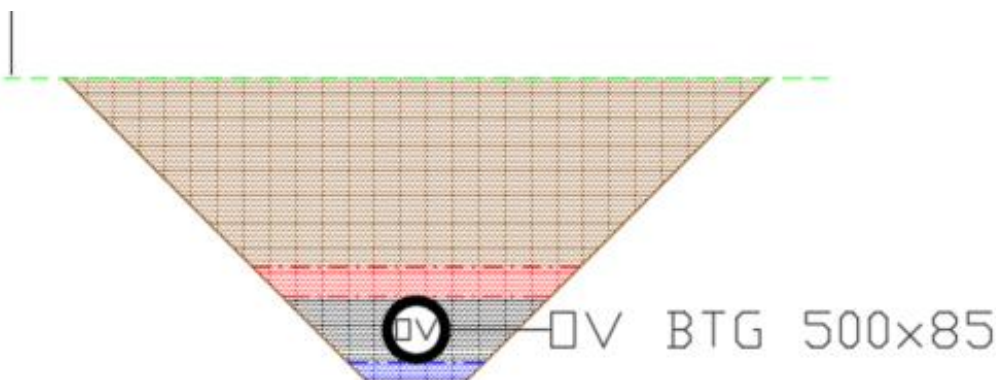
Nedenfor vises en Ø1600 mm kum, O26 (tegning GH104), som ligger i påkobling til overvannsledningen fra byggetrinn 1, plassert i starten av VEG11000. Ledningen i kummen er en 1000 mm ledning som følger VEG11000 sørover (se Figur 55).



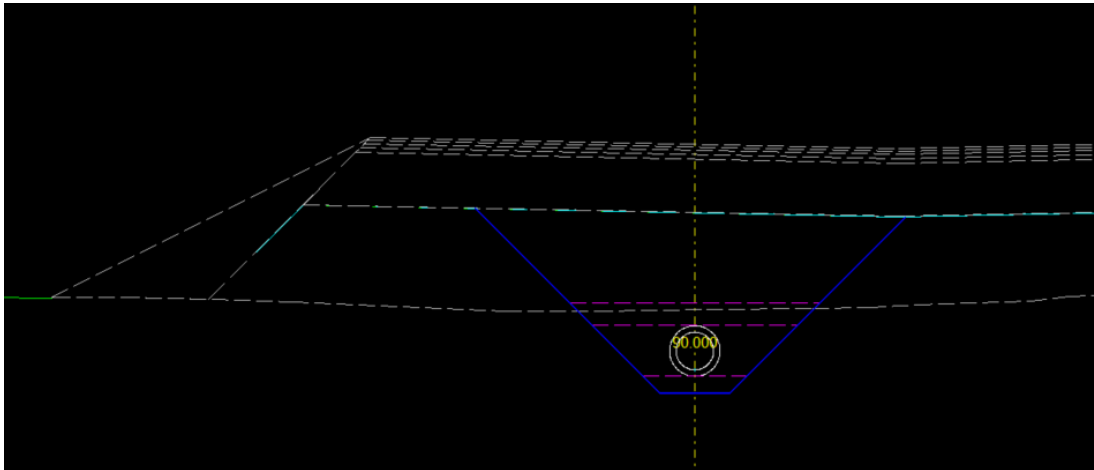
Figur 55 Ø1600 mm kum, O26 (kilde: produsert i Novapoint)

5.3.5 Teoretisk- og utført tverrsnitt for grøft

Tverrsnittet av grøften som vises i tegningene, (GH116/117), er et teoretisk tverrsnitt, som vil si et optimalt tverrsnitt. Gjennom ledningstraseene vil følgelig tverrsnittet ikke ligge med konstant overdekning og dybde, men vil være avhengig av fallforhold og påkoblingshøyder i kummer. Man kan derfor skille mellom teoretisk- og utført tverrsnitt. Utført tverrsnitt blir gjerne referert til som tverrprofil. I Figur 56 og Figur 57 vises henholdsvis eksempler på tverrsnitt og tverrprofil fra VEG62000.



Figur 56 Teoretisk grøftesnitt VEG62000 (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)



Figur 57 Utført grøftesnitt i VEG62000 (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)

På tverrprofilet i Figur 57 er overdekning fra topp rør til topp grøft lavere enn kravet, dersom man skal ha med vann- og spillvannsledninger. Dette er fordi grøften er modellert opp til bunn av vegens overbygning, som medfører en mindre grøftegraving, men allikevel tilstrekkelig overdekning over øverste ledning. Dette blir forklart grundigere i neste delkapittel, om plasseringen av overvannsledningene.

5.3.6 Plassering av overvannsledninger og kummer

Påkobling til eksisterende vann- og avløpsanlegg

Det planlagte overvannsanlegget for byggetrinn 1 av prosjektet lå til grunn for hvor ledningssystemet for byggetrinn 2 skulle kobles til. Kummene O1, O8 og O26, som er å se på henholdsvis tegning GH101, GH111 og GH104, var utgangspunktet for de de prosjekterte overvannsledningene i dette prosjektet. Disse kummene markerer da overgangen fra byggetrinn 1 til byggetrinn 2.

Samtidig markerer den planlagte overvannskulverten utslippspunktene for det prosjekterte overvannssystemet. Kapasiteten til denne kulverten er tidligere regnet ut, og er en viktig faktor for ønsket utslipp og derfor også nødvendig ved bestemmelse av fordrøyningsbehov på området.

Ledningenes plassering i vegbanen og ledningenes plassering i forhold til bygg

Overvannsledningene er i all hovedsak planlagt anlagt i vegbanen, grunnet de tilgjengelige arealene i vegkonstruksjonen, tilknytning til sandfang og for å sikre tilgang fra tilstøtende ledninger. Når ledninger skal plasseres i vegbane gir Statens vegvesens håndbok N200 ulike krav til plasseringen av de komponentene av ledningsnettets som ligger oppe på vegflaten (Statens Vegvesen, 2018). Dette vil da være komponenter som kumlokk og sandfangsrister.

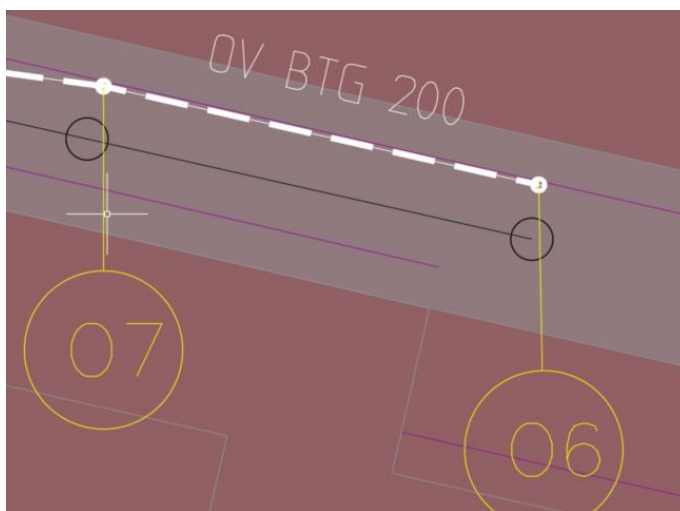
Håndboken skiller mellom komponenter som er tilknyttet og ikke tilknyttet vegens dreneringssystem. Løsning i denne oppgaven kan regnes som en kombinasjon mellom disse, ettersom overvannsledningen skal frakte overvann fra både veg og andre arealer på prosjektområdet, deriblant bebyggelse og parkområder.

For kummer og kumlokk som ikke tilhører vegens drenering, og som er plassert i tett bebyggelse, gjelder følgende prioritering på hvilke arealer, komponentene skal etableres i:

1. Rabatter og møbleringssoner
2. Skulder
3. Fortau
4. Løsninger for syklende
5. Kjørebane

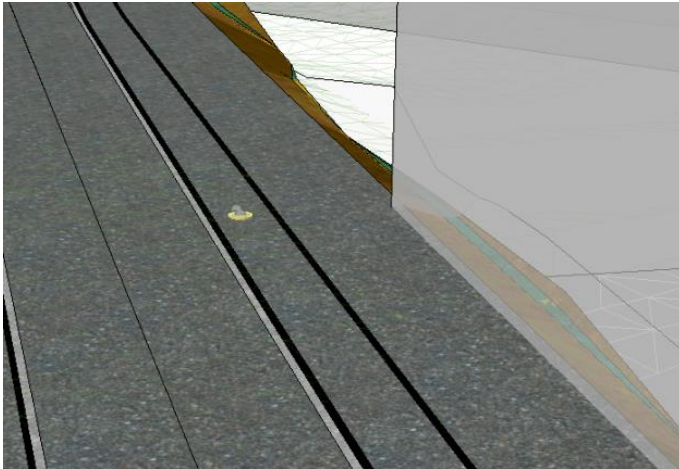
Figur 58 Prioritering av kumlokkplassering i veg (kilde: (Statens Vegvesen, 2018) s.80)

Kummene i dette prosjektet plasseres hovedsakelig i sykkel- eller gangfelt, på bakgrunn av prioriteringslisten i Figur 58, samt andre krav som stilles fra de ulike etater ved anleggelse av vann- og avløpsledninger. Denne plasseringen er valgt, på grunn av manglende plassforhold i vegskulder og vegbane. Selv om fortau ligger høyere prioritert for plasseringen av kummer og kumlokk, enn sykkelsti, velges plassering i sykkelsti grunnet avstanden til nærliggende konstruksjoner. VA-normen for Stavanger kommune setter begrensninger for hvor nærme vann- og avløpsledningene kan plasseres hus og andre konstruksjoner. Denne avstanden er 4 meter, og for ledninger som skal plasseres nærmere enn dette må det gjøres ulike tiltak. Den absolutte minste avstand til bebyggelse er i VA-normen satt til 2 meter (Stavanger kommune, (a)). Figur 59 viser grenselinjer, i rosa farge, fra prosjekteringsfilen i Autocad, der linjene er plassert 4 meter fra de nærliggende konstruksjonene. Dette ledningstrekket ligger i VEG61000 (tegning GH107).



Figur 59 Planvisning fra Autocad med 4m grense fra bygg (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)

I Figur 60 ser man et eksempel der kumlokket ligger plassert i sykkelfeltet i VEG10000, med tilstrekkelig avstand fra planlagt bebyggelse.



Figur 60 Kumlokk i sykkelfelt VEG10000. Novapoint 3D modell (kilde: produsert i Novapoint)

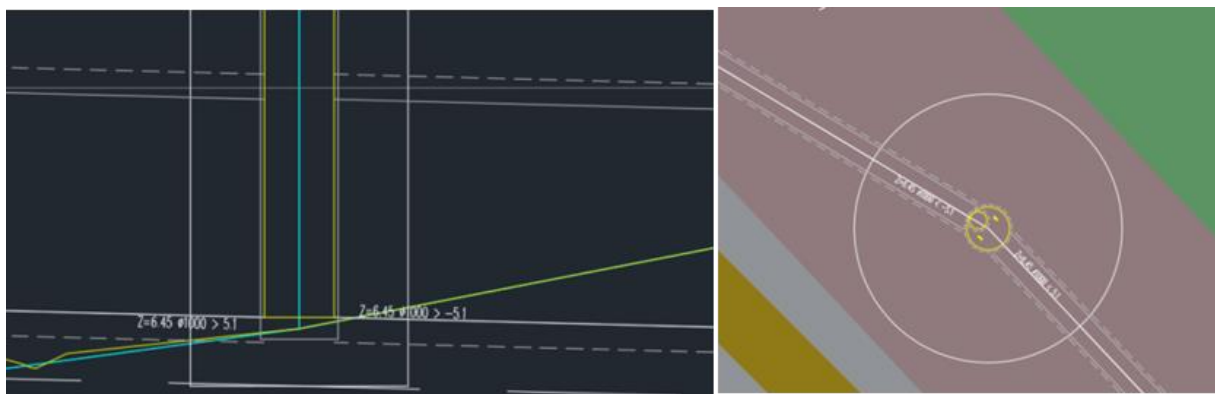
5.3.7 Prosjektert fall på ledningene

Når dimensjonene på overvannsledningene skulle bestemmes ble Colebrook-Whites formel benyttet for å finne den ledningsdimensjonen med tilstrekkelig kapasitet for å håndtere de beregnede overvannsmengdene (se Vedlegg 6). Formelen bruker input om ledningens dimensjon og ruhet, men man behøver også ledningens fall. Fallet på overvannsledningene ble derfor bestemt basert på minimumskrav i VA-normen og helningene på de respektive vegene som ledningene skulle ligge i (Vedlegg 6). Siden fallet i utgangspunktet blir antatt for å kunne foreta beregninger, vil det kunne oppstå forskjell mellom antatt fall og faktisk fall under prosjekteringen. Det er derfor viktig og passe på at ledningene får ønsket kapasitet, i de tilfellene der prosjektert fall er mindre enn beregnende fall. Prosjektert fall på ledningene avhenger av ulike faktorer, slik som dybde på kummer i påkoblingspunkter og ønsket høyde i slutt på ledningstraseen. Tabell 40 viser hvordan fallet basert på terrenghøyder avviker fra faktisk fall på de prosjekterte overvannsledningene. Fallet som er oppført for overvannsledningene er det generelle fallet som ledningene er prosjektert med, og fallet kan derfor variere gjennom ledningstrekkene. Forskjellene kan ses på tegningene for de enkelte strekk (GH101-114). Det er også viktig å ha tilstrekkelig overdekning, for å sikre vann- og avløpsledninger mot frost, som kan føre til variasjon i fallet på ledningene (Stavanger kommune, (a)).

VEG	Helning terreng	Helning OV
10000 (1)	0,049	0,022
10000 (2.1)	0,033	0,033
10000 (2.2)	0,006	0,006
11000	0,050	0,043
60000	0,014	0,014
61000	0,009	0,01
62000	0,012	0,012
63000	0,013	0,013
64000	0,030	0,03
65000	0,004	0,005
71000	0,000	0,005

Tabell 40 Terrengets fall og overvannslednings fall (kilde: produsert i Excel)

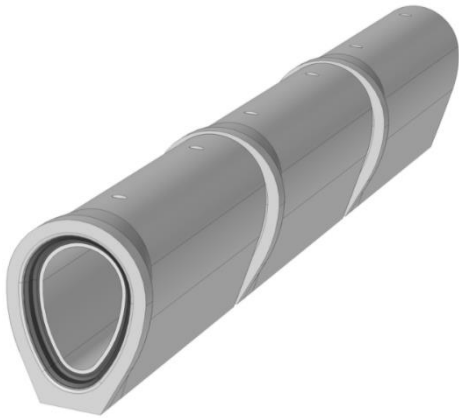
VA-normen gir minimumskrav for fallet på overvannsledninger, med 10 ‰ som hovedregel, og 5 ‰ som absolutt minimum. Det er tilfeller der fall mindre enn minimumet på 5 ‰ kan bli brukt, men dette krever godkjenning av kommunens VA-ansvarlige, samt at det kreves strengere krav til innmåling av ledningene (Stavanger kommune, (a)). Som vist i Tabell 40 har derfor enkelte av ledningsstrekke fall som ligger på minimumsverdiene for det som er tillatt. Dette er tilfellet for overvannsledningene i sørlig del av prosjektområdet, nærmere bestemt i VEG10000 (2.2), VEG65000 og VEG71000. Siden disse går i øst-vest retning på den sørlige delen av området, det det er begrensninger på høydeforskjeller i terrenget, er vegene prosjektert med relativt lite fall i lengderetning. Nedenfor vises utklipp fra prosjekteringsvinduet i Autocad som viser tilfellet i VEG65000, både i lengdeprofil og i plan (se Figur 61).



Figur 61 Lengdeprofil og plan av kum O46 (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)

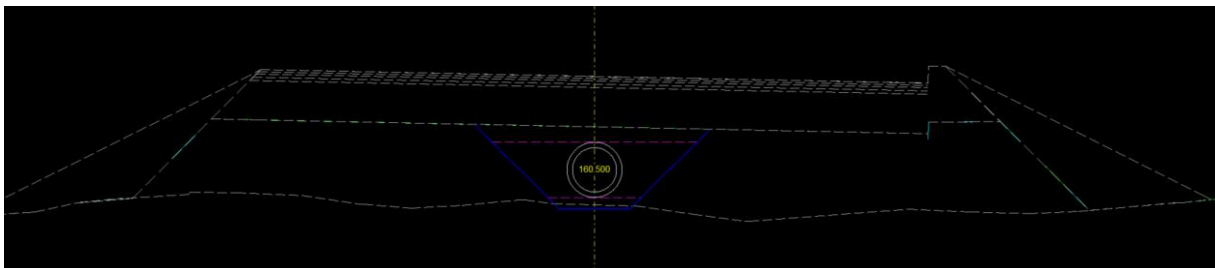
Her er ledningsfallet nede på minimumskravet, noe som er tilfellet for hele ledningsstrekke (se tegning GH111). Som beskrevet er det en kombinasjon av vegens fall og utløpspunkt for overvannsledningen som bidrar til at fallet blir veldig lavt. Utløpspunktet for ledningstrekke til VEG10000 (2.2) og VEG65000 er overvannskulverten som er plassert i Grannesbekken, med en høyde i bunn på +5,90 m.o.h (se tegning GH111/GH103). Det er derfor viktig at utløpet for overvannsledningene har tilstrekkelig høyde til inntaket i Grannesbekken.

Selvrensing av ledningen kan bli problematisk med lite fall. Med ønske om å legge ledning under kravet om minstefall, krever VA-normen dokumentasjon på at ledningen er selvrensende, ved bruk av skjærkraftberegninger (Stavanger kommune, (a)). Ett tiltak som kan tas i bruk for å bedre den selvrensende effekten på ledninger med lite fall, er å benytte eggeformede rør (VA-blad, 2007) (se Figur 62).



Figur 62 Eggformet rør Basal (kilde: (Skjæveland, u.d.))

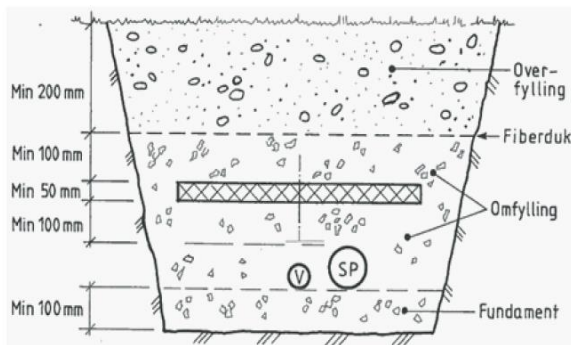
Lavt fall på overvannsledningene i sørlig del av VEG10000, og VEG65000, samt begrensningen av høyde på utløp til Grannesbekken, fører til lav overdekning over ledningen, som vist i figuren nedenfor.



Figur 63 Grøfteprofil i VEG65000 med lite overdekning (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)

Figuren viser hvordan overvannsledningen ligger rett i underkant av vegens forsterkningslag, rundt 90 cm under vegoverflaten. Grøftesnippet i VEG65000 er som tidligere beskrevet, bygget opp uten å lage ekstra plass til vann- og spillvannsledninger (se F106). Dette fordi bebyggelsen i området ikke er planlagt i nok detalj. Selv om VA-normen i hovedsak tar for seg frostfri dybde for vannledning, er dette også et viktig aspekt og ta hensyn til på overvann- og spillvannsledningene. Statens vegvesen skriver i håndbok N200 «vegbygging», at overvannsledninger også skal bygges frostfritt (Statens Vegvesen, 2018). Da frostfri dybde er 1,3 meter i Stavanger kommune, vil den aktuelle dybden på de beskrevne ledningene være for liten. Det vil derfor være aktuelt med tiltak som isolerer ledningene, slik at de kan ligge med liten overdekning (Stavanger kommune, (a)).

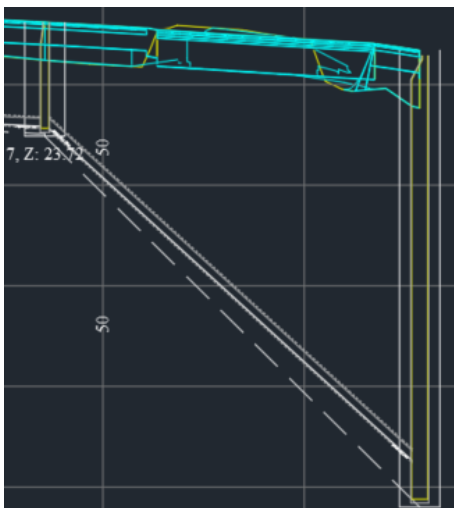
VA-miljøblad nr.109 «Frostsikring av VA-ledninger og kummer» tar for seg ulike tiltak som kan være gunstige å benytte for å sikre frostfrie ledninger (VA-blad, 2013). I Figur 64 ser man hvordan isolasjonsplate kan bli brukt for å frostsikre vann- og avløpsledninger



Figur 64 Bruk av isolasjonsplate i grøftesnitt (kilde: (VA-blad, 2013))

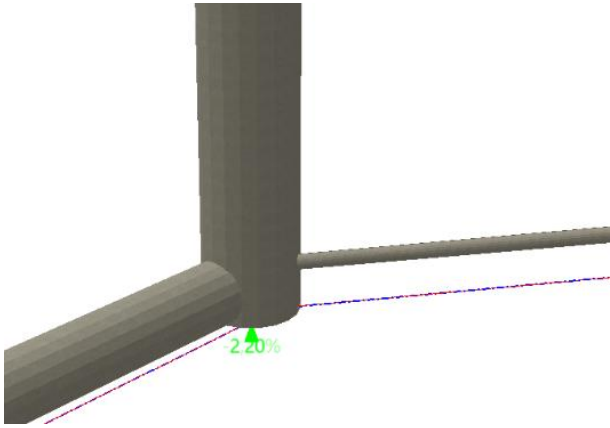
Ettersom ledningene i stor grad ligger i vegbane, er det også viktig å passe på at styrken på rørene opprettholdes, selv med lite overdekning. Dersom overdekningen over vann- og avløpsrørene er liten, kan det være aktuelt å bruke rør med større styrke for å sikre røret mot belastningene som kan komme fra trafikk på vegflaten (Statens Vegvesen, 2018).

På samme måte som lite fall på ledningene kan være kritisk, og setter krav til utformingen og oppbyggingen av grøften, er også ledningstraseer med stort fall områder som kan trenge spesiell utforming eller ledningsmateriale. VA-normen setter grense på stort fall til 200‰, og dersom ledningstraseen har større fall enn dette, settes det strengere krav til materiale på rør og kumløsninger (Stavanger kommune, (a)). Prosjektert løsning på dette prosjektet har ingen ledningsstrekke med stort nok fall til å karakteriseres som stort fall i henhold til grensene i VA-normen. Ledningsstrekket mellom kum O1 og O7 (se GH107), er det ledningsstrekket som har høyest fall med en verdi på 183.2‰ (se Figur 65).



Figur 65 Lengdeprofil O7-O1, strekning med høyt fall (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)

Dette er med utgangspunkt i at rørledningene flukter i topp rør, og som følge av den store dimensjonsforskjellen mellom overvannsledningen i VEG61000 og VEG10000, vil ledningen ligge en god del høyere enn bunnen på kum O1 (se GH107). I Figur 66 vises ett utklipp fra 3D modell i Novapoint, der man kan se hvor høyt ledningen ligger i kum O1.



Figur 66 Rør flukter i topp. O1 (kilde: produsert i Novapoint og AutoCAD)

Det er som sagt ingen ledningsstrek med fall på over 200‰, men det er likevel noen steder der det er viktig å være varsom, slik som ledningsstrekket mellom O1 og O7 (GH107). En løsning som kan være aktuelle i slike områder, er å benytte påkoblingskummene, slik som O1, som en form for fallkum. Der det er forsvarlig, kan også rørledningene kobles høyere oppe i de dype kummene, på bakgrunn av samme prinsipp vist i Figur 54, tidligere i rapporten. Dette vil kreve en mer detaljert hydraulisk analyse, for å sørge for en driftssikker løsning.

5.4 Fordrøyning

Før overvannet kan slippes ut av utbyggingsområdet er det viktig å undersøke om det er behov for å fordrøye vannmengdene. Den generelle regel er at utslipp ikke skal overskride kapasiteten til eksisterende VA-ledningsnett, noe som ikke er aktuelt ved dette området ettersom vannet skal ledes inn i en kulvert som bygges spesifikt for å motta vannmengdene fra prosjektet. Fra området inn i kulverten med 2000mm rørdimensjon skal det gå to stikk med 1600mm diameter (COWI, 2021). På grunn av dette kan man si at det finnes to parametre som bestemmer om det er behov for fordrøyning, og isåfall hvor mye. Først og fremst må ikke den totale vannføringen overskride kulvertens kapasitet, og i tillegg må ikke stikkens kapasitet overskrives av den planlagte påkoblingen til disse (se Tabell 41).

DN	Dimensjon	Kapasitet
mm	m	l/s
1600	1,60	5710,8
2000	2,00	10248,3

Tabell 41 Dimensjoner for kulvert og påkoblingens kapasitet
(kilde: produsert i Excel)

Områdets avrenning og overvannsnettets vannføring er beregnet med nedbørsintensitet fra regn med 50-års gjentaksintervall for å sikre mot oppstuvning til overliggende område. Ved videreføring av overvannet fra byggetrinn-2 vil ikke lenger dette være aktuelt ettersom overvannet da allerede er ledet vekk fra byggetrinn-1. I tillegg til dette kan det nevnes at eventuelle oppstuvninger først vil føre til at vannet kommer på overflaten langs vegene på byggetrinn-2, som allerede er planlagt å fungere som flomveger. Dimensjonering av fordrøyning beregnes derfor med utgangspunkt i regn med 20-års gjentaksintervall. Ettersom beregningene for avrenning er blitt gjort i Excel kan man erstatte inn-data verdiene for nedbørsintensitet i regnearket, for å beregne vannføring med dette gjentaksintervallet istedenfor 50-års (se Vedlegg 6). For å bestemme området utslipp ved 20-års gjentaksintervall, trenger man påkoblingenes vannføring ved denne frekvensen (se Tabell 42). Utløpenes vannføring vises i Tabell 43.

20-års	Påkobling (l/s)
PK1	3181
PK2	3789
PK3	76
Total	7046

Tabell 42 Vannføring i påkoblinger fra byggetrinn-1
(kilde: produsert i Excel)

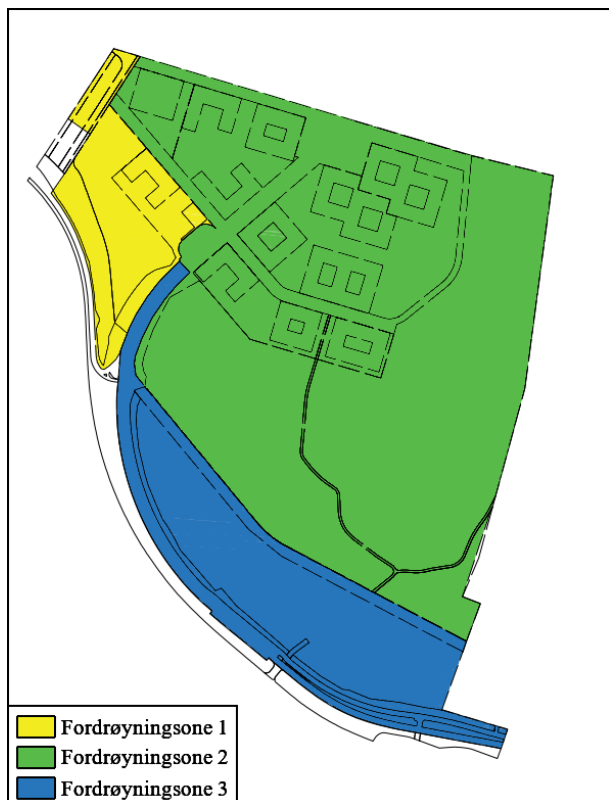


Figur 67 Plasseringen til utløp og kulvert (kilde: produsert i Novapoint, AutoCAD og Photoshop)

Vannføring i utløp	20-års gjentaksintervall	
	Kum	Fra delområde (l/s)
O5	4933,90	1261,1
O31/47	1046,06	
O27	3272,9	387,41
O50/52	70,33	
Sum	10971,70	

Tabell 43 Vannføring i kummer ved utløp mot kulvert (kilde: produsert i Excel)

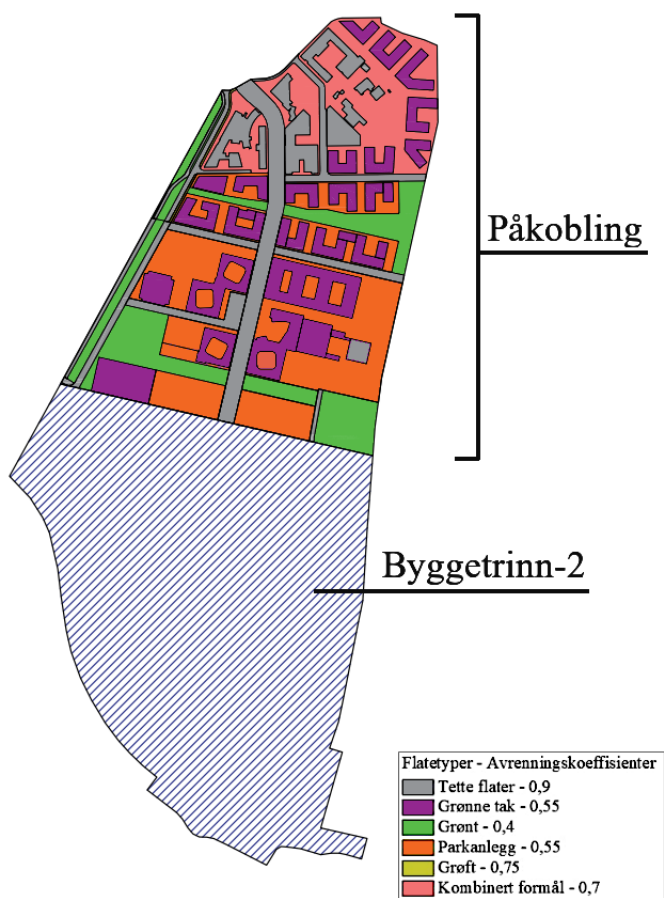
Planen er at utløpene O5, O31 og O47 skal ledes inn i bekkeinntaket til kulverten, og O27 inn i det ene 1600mm røret (se Figur 67). O50 og O52 skal kobles direkte inn på kulvert (se Figur 67), uten fordrøyning eller videre rensing, på grunn av at det vil være vanskelig å knytte vannmengdene fra de tilhørende overvannsledningene sammen med de andre nettverkene av hensyn til fall. Grunnen til at det ikke anses som nødvendig å rense disse overvannsmengdene er på grunn av at avrenningen samlet i disse kommer fra gang og sykkelveg. Den totale vannføringen i utløpene (10971 l/s) overskrider kulvertens kapasitet (10248 l/s). I tillegg til dette ser man at den totale vannføringen fra O5, O31 og O47 (7241,06 l/s) overskrider kapasiteten til 1600mm røret (5710,8 l/s). På bakgrunn av dette vil det derfor være nødvendig å se nærmere på behovet for fordrøyning. Ved utregningen av det eventuelle behovet for fordrøyning benyttes regnenvelop metoden. Da må man ha en bestemt mengde som kan slippes ut av området. Ved å benytte områdets størrelse, avrenningskoeffisient og nedbørsintensiteter med forskjellig varighet kan man finne volumforskjellen mellom det som kommer inn i systemet og det som skal slippes ut over en gitt tidsperiode (VA-blad, 2006). Nødvendig fordrøyningsvolum velges basert på den volumforskjellen. På bakgrunn av faktorene som brukes i regnenvelop metoden, må man vite avrenningsområdet hvor vannmengdene i utløpet kommer fra. I dette tilfellet deles da byggetrinn-2 inn i 3 avrenningsområder, videre kalt fordrøyningsoner, basert på utløpene O27, OV5 og O31/47 (se Figur 68).



Figur 68 Oversikt over fordrøyningssystemenes soner (kilde: produsert i AutoCAD)

I tillegg til områdets avrenning, ledes også overvannsmengder fra overliggende områder gjennom det samme systemet (se Tabell 42). For å kunne benytte regnenvelopmetoden må man derfor også definere avrenningskoeffisient og arealet til dette området. Ved å se på illustrasjonsplanen for hele universitetsområdet antas påkoblingens avrenningsområde å gå fra nordlig grense på byggetrinn-2 til Proffesor Olav Hanssens vei (se Figur 69). Ved bruk av den rasjonelle metode kan man beregne avrenning og avrenningskoeffisienten for dette område (Ødegaard, et al., 2014).

Resultatet av dette vises i Tabell 44.



Figur 69 Oversikt over påkoblingens område og flatetyper (kilde: produsert i AutoCAD og Photoshop)

Antagelser: Overvann	Verdi	
I (Nedbørsintensitet) 20-års regn (10mi)	203,2	
Klimafaktor	1,2	
$I_{\text{klimatejustert}}$ 20-års regn	243,84	
C(Tette flater)	0,9	
C(Grønne tak)	0,55	
C(Grønt)	0,4	
C(Parkanlegg)	0,55	
C(Grøft)	0,75	
C(Kombinert formål)	0,7	
Flatetype	Areal ha	Areal m²
Tette flater	5,29	52878,8
Grønne tak	5,39	53898,9
Grønt	3,92	39208,2
Parkanlegg	6,98	69842,7
Grøft	0,07	681,12
Kombinert formål	3,64	36422
Totale flater	25,29	252931,72
Beregninger	Verdi	
C_{midl}	0,622	
$Q_{\text{dimm.av}}$ (20-års regn)	3836,5	

Tabell 44 Påkoblingsfeltets dimmensjonerende avrenning (kilde: produsert i Excel)

Ved å sammenligne resultatet fra Tabell 44 med vannføringen fra påkoblingene i Tabell 42, ser man at den beregnede avrenningen er betydelig lavere. Det kan være flere grunner til dette, en faktor er at påkoblingssystemet også er et påkoblingspunkt for overvannsnett som ligger lengre nord, og derfor tar til seg vannmengder derifra. I tillegg til dette kan det komme avrenning fra nærliggende områder slik som for eksempel sørmarka i nord og motorvegen i øst, det bør også nevnes at vannføringen i påkoblingen kanskje ikke er beregnet ved bruk av den rasjonelle metode, men heller ved bruk av digitale verktøy (COWI, 2021). Foruten om disse faktorene er det også slik at avrenningskoeffisientene, samt flatetyperne for noen av delflatene brukt i beregningene er antagelser, da for eksempel området markert kombinert formål som kan ha høyere avrenning på grunn av det i eksisterende situasjon hovedsakelig består av tette flater (Google, u.d.). Dette gjelder for så vidt også for takflatene, da de i illustrasjonsplanen er regnet som grønne tak, noe det er mulig utbygger har gått vekk ifra i nyere planforslag. Ettersom det vil være svært tidkrevende å presist fastslå utstrekningen og arealene som bidrar til den totale avrenning, er det mulig å estimere størrelsen på avrenningsområdet. Dersom man antar at hele avrenningsområdet har samme avrenningskoeffisient som det beregnete området, kan man ved å dele beregnet avrenning på den gitte vannføringen finne forholdet mellom disse. Deretter kan man dele det målte arealet på dette forholdet, noe som gir et estimat på hvor stort avrenningsarealet må være, gitt samme avrenningskoeffisient, for å gi den registrerte vannføringen sett i påkoblingene (se Tabell 45).

Justeringsfaktor	0,54	Qdimm.av / gitt vannføring i påkobling
Areal påkobling just	46,45	Areal påkobling / justeringsfaktor

Tabell 45 Teoretisk størrelse for avrenningsfelt gitt påkoblingsfeltets middel avrenningskoeffisient (kilde: produsert i Excel)

For å komme innenfor kulvertens kapasitet er det mulig å ta utgangspunkt i utløpenes respektive vannføring, å fordele tillatt utslipp deretter (se Tabell 43 og Tabell 47). Den største forskjellen i beregnet vannføring og ønsket utslipp ser man i fordrøyningsone 2, altså for O5, da dens utslipp ble redusert for å gi rom på det tilhørende 1600mm stikket, for vannmengdene fra fordrøyningsone 3 (O31/47).

Påkobling	l/s	Andel
Vest	3181	0,451
Kollektivakse	3789	0,538
Øst	76	0,011

Tabell 46 Vannføring i påkoblingspunkter, og respektive andeler av total (kilde: produsert i Excel)

Ønsket total VF etter fordrøyning	10177,7
Fordrøyningsone 1, ønsket andel	0,450
V _{ut} Fordrøyningsone 1 (l/s)	4579,95
Fordrøyningsone 2, ønsket andel	0,450
V _{ut} Fordrøyningsone 2 (l/s)	4579,95
Fordrøyningsone 3, ønsket andel	0,100
V _{ut} Fordrøyningsone 3 (l/s)	1017,77

Tabell 47 Tildelte andeler av kulverts vannførende kapasitet (kilde: produsert i Excel)

Fremgangsmetode for beregning av fordrøyningsbehov for fordrøyningsone 1 blir da som følger. Først må man beregne det tilhørende oppsamlingsområdets areal og avrenningskoeffisient. For byggetrinn-2, vet man avrenningskoeffisient og areal for de tilhørende delområdene, da gjenstår bare størrelsen på påkoblingens oppsamlingsområde. Avrenningskoeffisienter for dette området er allerede bestemt, og det er mulig å estimere størrelsen på delområdene ved å ta utgangspunkt i påkoblingspunktens andel av den totale vannføringen i disse (se Tabell 46), og deretter multiplisere denne andelen med det estimerte totale arealet (se Tabell 45).

Fordrøyningszone 1		
Tilhørende arealer	C _{midl}	Areal (ha)
Delområde 1	0,584	2,3738
Avrenning ved VEG11000	0,528	0,2639
Avrenning langs VEG11000	0,9	0,1527
Avrenning langs VEG60000	0,9	0,2690
Påkobling - Vest	0,622	20,9714

Total areal	24,03
C_{midl.total}	0,622

Areal (ha)	24,03
Avr.koeffisient (φ)	0,622
V_{ut} (m³)	4579,95

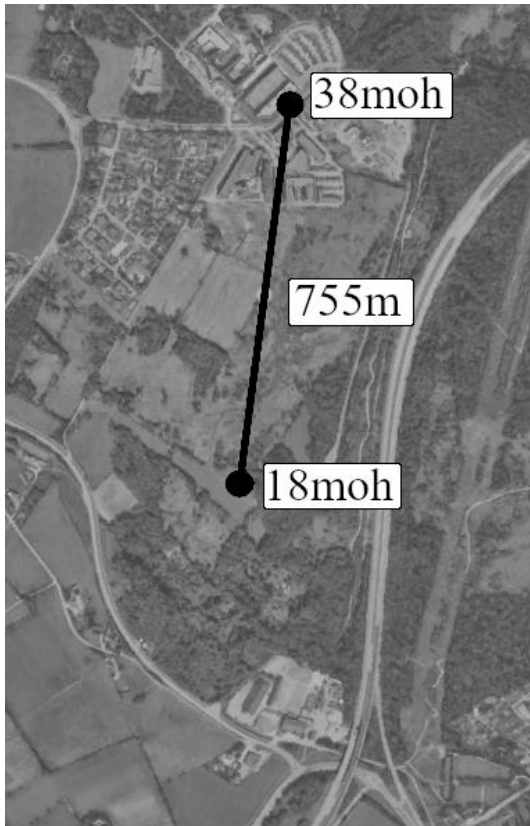
Tabell 48 Beregnet areal og middel avrenningskoeffisient for fordrøyningszone 1 (kilde: produsert i Excel)

Ved å bruke regnenvelop metoden kan man deretter se det maksimale behovet for magasinering, og ved hvilken konsentrasjonstid dette oppstår (se Tabell 49).

Fordrøyningszone 1		20-års gjentakintervall				
min	intensitet (l/s)	ha	φ	V _{inn} (m ³)	V _{ut} (m ³)	V _{mag} (m ³)
1	588	24,03	0,62	527,4	274,80	252,6
2	508,2	24,03	0,62	911,7	549,59	362,1
3	447,36	24,03	0,62	1203,8	824,39	379,4
5	355,44	24,03	0,62	1594,1	1373,99	220,1
10	243,84	24,03	0,62	2187,2	2747,97	-560,8
15	197,04	24,03	0,62	2651,1	4121,96	-1470,9
20	187,2	24,03	0,62	3358,2	5495,94	-2137,7
30	147,36	24,03	0,62	3965,3	8243,91	-4278,6
45	103,2	24,03	0,62	4165,5	12365,87	-8200,4
60	84,12	24,03	0,62	4527,2	16487,83	-11960,7
90	65,16	24,03	0,62	5260,1	24731,74	-19471,6
120	62,64	24,03	0,62	6742,3	32975,65	-26233,4
180	47,16	24,03	0,62	7614,1	49463,48	-41849,3

Tabell 49 Beregning av fordrøyningsvolum, regnenvelop metode, fordrøyningszone 1 (kilde: produsert i Excel)

For fordrøyningszone 1 ser man da at det høyeste magasinerings volumet oppstår, ved 20-års regn, med intensiteten som gjelder for regnet med en nedbørsvarighet på 3 min. Dette tilsier at for dette området behøves et magasin med et volum på 379,4m³. Før man prosjekterer magasinering for dette volumet, må man først undersøke om den gitte konsentrasjonstiden realistisk kan oppstå for oppsamlingsfeltet. Da er det i dette tilfellet mulig å benytte seg av metoden for beregning av konsentrasjonstid for urbane felt (Statens Vegvesen, 2020). For dette trenger man bare oppsamlingsfeltet utstrekning og helning (se **Figur 70**). Omtrentlige verdier for høyder kan man finne i Google earth, alternativt kan man også benytte seg av målefunksjoner i både AutoCAD og Novapoint.



Konsentrasjonstid for fordrøyningsone 1	
Urbane felt	
Berg et al	Verdi
Lf = Feltlengde [m]	755
deltaH = høydeforskjel i felt [m]	20
tk = Konsentrasjonstid [min]	12,68

Tabell 50 Konsentrasjonstid, urbane felt, fordrøyningsone 1 (kilde: produsert i Excel)

I Tabell 50, ser man at feltets konsentrasjonstid ved bruk av denne metoden ligger på 12,68min.

Ettersom den beregnede konsentrasjonstiden er såpass mye høyere en konsentrasjonstiden som gir det høyeste magasineringsbehovet, kan man til en viss grad se vekk ifra verdien gitt ved 3 minutters nedbør. Den nærmeste konsentrasjonstiden i regnenvelop metoden er da 10 min, der det i henhold til metoden ikke er behov for fordrøynning.

Ettersom beregningene i regnenvelopmetoden er gjort på bakgrunn av flere antagelser med hensyn

Figur 70 Påkobling feltets lengde og høyder (kilde: produsert i Photoshop, (Google, u.d.))

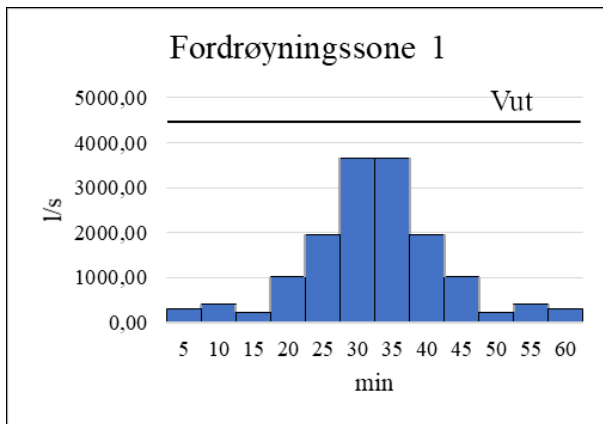
til oppsamlingsområde og avrenningskoeffisient, kan det være gunstig å sjekke resultatet med å undersøke fordrøyningsbehov med bruk av en annen metode. Da kan man for eksempel benytte seg av regnhyetogram, i dette tilfellet ved et 10-minutters regn, for å estimere behov ved et relativt realistisk regnforløp (Ødegaard, et al., 2014). Gitt at man har den totale vannføringen med et 10-minutters regn, er det mulig å finne avrenningen i de forskjellige minuttene i regnhyetogrammet med å dele den totale vannføringen på nedbørsintensiteten, og man får da en verdi som består av middel avrenningskoeffisientens og avrenningsområdets faktiske størrelser. Det bør merkes at det ikke er mulig å fastslå deres respektive størrelser dersom man ikke vet sikkert hvor stor en av de er, men dette er for så vidt heller ikke nødvendig for beregningene. Ved å bruke verdier fra regnhyetogram tidligere i oppgaven får man (se Tabell 51).

Fordrøyningsone 1		min	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
20-års regn	I		20,52	26,76	15,36	67,68	130,56	243,84	243,84	130,56	67,68	15,36	26,76	20,52
Cmidl*ha	15,011	Qdim	308,03	401,70	230,57	1015,95	1959,85	3660,31	3660,31	1959,85	1015,95	230,57	401,70	308,03
Ut	4579,95	Differanse	4271,92	4178,25	4349,38	3564,00	2620,10	919,64	919,64	2620,10	3564,00	4349,38	4178,25	4271,92

Vinn-Vut	0,00	l/s	Intensitet med total varighet 10min
Volum	0,00	m ³	Intensitet * varighet
Andel	0,00		Andel i forhold til regnenvelop

Tabell 51 Beregning av fordrøyningsvolum, regnhyetogram, fordrøyningsone 1 (kilde: produsert i Excel)

Resultatet av denne metoden bekrefter altså delresultatet fra regnenvelopmetoden, da at det ikke vil være behov for fordrøyning ved et 10-minutters nedbør. Grunnen til dette kan illustreres i regnhyetogram (se Figur 71).



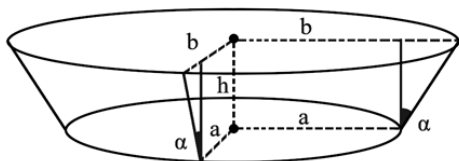
Figur 71 Fordrøyningsvolum, regnhyetogram, fordrøyningszone 1 (kilde: produsert i Excel)

Figur 71 viser at den forventede avrenningen, og i forelengelse vannføringen ved utløp O27 for fordrøyningszone 1, ikke overskrider tillatt vannføring ut i kulvert, i noe tidspunkt under hele regnforløpet.

Tilsvarende beregning og metode er også benyttet for fordrøyningszone 2 og 3, disse ligger i Vedlegg 7. Resultatet av disse beregningene er at det kun vil være behov for tiltak ved fordrøyningszone 2, da med et volum på 969 m³. Sedimenteringen som skjer i sandfangene antas å være tilstrekkelig for fjerning av potensielle forurensende partikler for fordrøyningszone 1 og 3. For fordrøyningszone 2 gjelder samme antagelse, dersom en også inkluderer tilleggseffekten fra fordrøyningstiltak (Statens Vegvesen, 2014 (b)).

Et eksempel på et mulig fordrøyningstiltak vil være et åpent basseng (VA-blad, 2007). Disse kan konstrueres på utallige måter, da eksempelvis i denne oppgaven i form av en avkortet kjegle. Det vil si at bunnen på bassenget er flatt, og dets generelle form er sirkulær. Formel brukt for beregning av volum for avkortet kjegle vises i Figur 72.

Avkortet kjegle



$$V = \frac{\pi h}{3} (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2)$$

$$\alpha = \arctan((b-a)/h)$$

Figur 72 Volum og vinkel for avkortet kjegle (kilde: produsert i Photoshop, (Mathexchange, 2013))

Da er det mulig å konstruere et basseng med tilstrekkelig volum dersom overflatearealet har en radius på 16m og bassenget er 1,6m dybt gitt at bunnradiien er 13m (Mathexchange, 2013) (se Tabell 52). Grunnen til at det kan være gunstig med en lavere bunnradiie er at man kan da få helning på sidekantene noe som kan gjøre at bassenget glir mer inn i terrenget når det er tomt (Paus & Braskerud, 2013), i tillegg til at det er krav om gjerde rundt bassenget dersom sidekanter er for bratte (COWI, 2021). Det beregnede volumet for fordrøyningsone 2, er det volumet bassenget må kunne holde, gitt at utstrømning fra bassenget er konstant. Dersom man ønsker et konstant vannspeil eller økt sedimentæring i bassenget, kan man øke det tilgjengelige volumet og plassere utløpet høyere enn bassengets bunn. Da blir det mulig for bassenget å holde på et visst volum mellom regnskyll noe som da resulterer i både høyere blågrønn faktor og renseeffekt (COWI, 2021).



Figur 73 Oversikt over fordrøyningsbasseng nær Stavanger sentrum (kilde: produsert i Photoshop, (Kartverket, u.d.))

Åpent fordrøyningsbasseng avkortet kjegle	
Total volum basseng	Verdi
Radius bunn a (m)	13
Radius topp b (m)	16
Høyde h (m)	1,6
Volum V	1060,06
Sidehelning α	61,92

Tabell 52 Volumberegning for åpent sirkulert basseng (kilde: produsert i Excel)

For at bassenget skal beholde form og funksjon over tid finnes en rekke potensielle løsninger. Man kan for eksempel støpe bassengets vegger i betong.

Alternativt er det også mulig å legge steiner i bunn og langs kanter der man kan fylle løsmasser i sprekkene, noe som gjør at man får en viss infiltrasjon i bassenget og hindrer erosjon, dette kalles plastring (Opheimsbakken, et al., 2017)(se GH118).

Man kan finne noen eksempler på dette i nærheten av Stavanger sentrum (se Figur 73, Figur 74 og Figur 75).



Figur 74 Eksempel på fordrøyningsbasseng (1) i Stavanger (kilde: foto tatt ved utflukt)



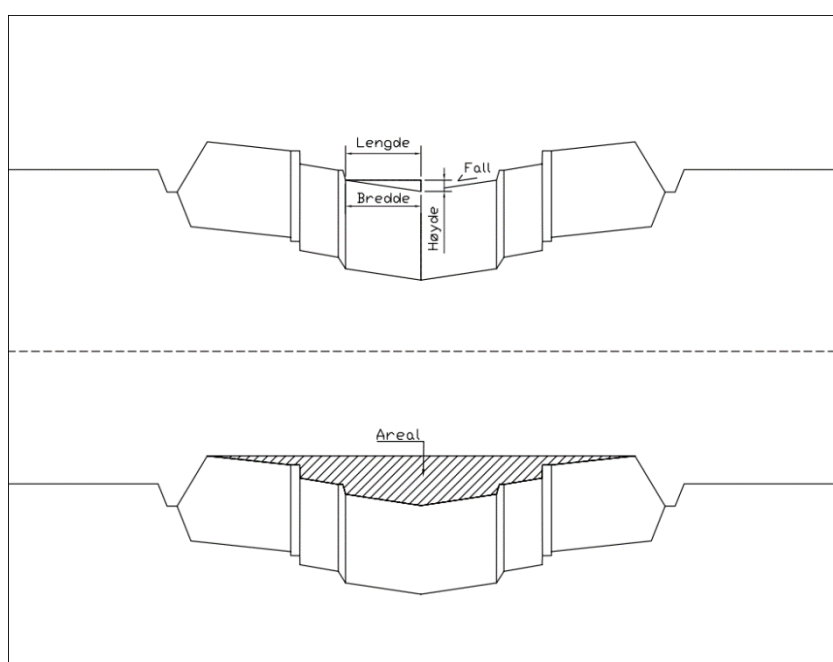
Figur 75 Fordrøyningsbasseng (1), kant (kilde: foto tatt ved utflukt)

Tilsvarende løsning for kant langs fordrøyningsbasseng er også benyttet ved det andre fordrøyningsbassenget like ved (fordrøyningsbasseng 2 i Figur 73).

6. Flom

6.1 Flomkapasitet på veg

Gjennom bruken av Manning's formel er det mulig å estimere de forskjellige vegenes potensiale for føring av vannmengder i en flomsituasjon (Ødegaard, et al., 2014). Dette vil gi verdier som kan benyttes dersom man skal analysere potensialet for skader på nærliggende bebyggelse, for eksempel dersom det ved et gitt gjentakintervall ikke er høy nok kapasitet for å føre vannet vekk langs vegene, og det som følge av dette renner mot og langs bebyggelsen. For å beregne de forskjellige vegenes vannføring må man først regne overflatearealene til vegenes tverrsnitt (se Figur 76 for illustrativ fremstilling).



Figur 76 Tverrsnittets overflateareal for teoretisk vannføring (kilde: produsert i AutoCAD)

Dette er da det teoretiske arealet som kan romme overvann langs vegbanen. Deretter må man registrere kontaktlengden, altså de delene av arealets omkrets som er i kontakt med de forskjellige flatene langs vegbanen. Grunnen til dette er at kombinasjonen av disse verdiene kan benyttes for å regne ut hydraulisk radius. Da gjenstår kun vegens fall og vegoverflatens friksjonstall for å benytte seg av Manning's formel til å finne strømningshastigheten av overvannet gitt at arealet er fyllt. I håndbok V240 kan man finne Manning's tall for vanlige overflater, i denne oppgaven benyttes tallet for ru asfalt, altså 50, for at resultatene skal være på den sikre siden (Statens Vegvesen, 2020). Med det menes at selv om det er høy sannsynlighet for at den asfalten som skal benyttes ved utbygging kan klassifiseres som glatt asfalt, anses det som gunstig å benytte seg av ru asfalt ved disse beregningene.

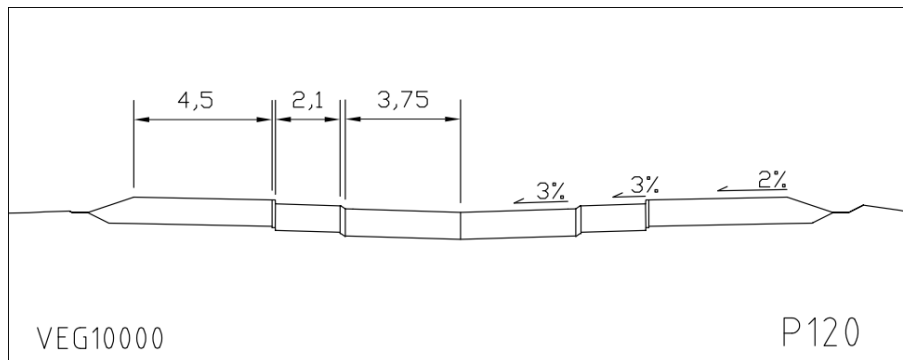
Det er da gitt rom for slitasje på vegene over tid, uten at det vil resultere i underdimensjonering av den potensielle vannføringen på vegene.

Fremgangsmåten for disse utregningene kan illustreres ved å ta for seg en av vegene, i dette tilfellet benyttes VEG10000.

VEG	Profil	Flate helning	Vegbane	Sykkefelt	SF bredde	Gangfelt	GF bredde	GF 2 bredde
		m/m	m		m		m	m
10000	0-240	0,03	3,75	Begge sider	2,1	Begge sider	4,5	

Tabell 53 Flatebeskrivelse for VEG10000 (kilde: produsert i Excel)

For å beregne tverrsnittets overflateareal er flatebeskrivelsen et godt utgangspunkt (se Tabell 53). Da har man både flatenes bredde og deres helning, noe som gjør det mulig å dele overflatearealene inn i mindre enkle geometriske figurer. Tverrsnittene for de forskjellige vegene kan hentes fra Novapoint inn i AutoCAD (se Figur 77).



Figur 77 Tverrsnitt VEG10000, profil 120 (kilde: produsert i AutoCAD)

Tverrsnittets overflateareal er summen av de rettvinklede trekantene som kan dannes over hver flate og rektanglene som følger. Trekantene kan forestilles med flatens bredde som hypotenus og hosliggende vinkel lik $\arctan(\text{helning})$. Arealet av hver av disse trekantene blir da $(\text{høyde} \cdot \text{lengde})/2$, der høyden er lik helningen multiplisert med vegens lengde (ikke det samme som vegens bredde, se Figur 76). De resterende rektanglene har høyden til den tilhørende trekanten, multiplisert med lengden av alle tidligere flater. Arealet for de forskjellige tverrsnittene ble derfor regnet ut i kronologisk rekkefølge fra senterlinjen til den ytterste kanten langs vegene. Dette vises for VEG10000 i Tabell 54.

Tverrsnitt overflate VEG10000	
Vegbane	
Bredde	3,75
Helning	0,030
Lengde	3,75
Høyde	0,1125
Areal (m ²)	0,4219
Kantstein 1	
Bredde	0,14
Bredde topp	0,03
Helning	0,700
Lengde	0,140
Høyde	0,098
Areal (m ²)	0,7487
Sykkelfelt	
Bredde	2,1
Helning	0,030
Lengde	2,10
Høyde	0,063
Areal (m ²)	0,6262
Kantstein 2	
Høyde	0,13
Bredde	0,1
Areal (m ²)	1,5652
Gangfelt	
Bredde	4,5
Helning	0,020
Lengde	4,500
Høyde	0,090
Areal (m ²)	1,5066
SUM Areal (m²)	4,8686
SUM Kontaktflate	21,50

Tabell 54 Tverrsnittets overflateareal for VEG10000
(kilde: produsert i Excel)

For å sjekke svarene er det mulig å tegne omrisset for tverrsnittets overflateareal inn i Autocad og deretter sjekke omrissets areal i programmet. Resultatene gitt i Tabell 54 kan deretter brukes for å regne ut hydraulisk radius og Q_{maks} vist i Tabell 55 .

Hydraulisk radius		
Betegnelse	Verdi	Beskrivelse
A	4,8686	Areal av vått tverrsnitt
P	21,50	Lengde av nedykket tverrsnitt
R	0,2264	
Fall		
x_0	25,7	Høyde start
x_1	14,04	Høyde slutt
D	260	Avstand
I	0,045	Fall (m/m)
Mannings formel		
M	55	Mannings friskjonstall
R	0,2264	Hydraulisk radius (m)
I	0,045	Fall (m/m)
v	4,3271	Fart (m/s)
Qmaks	21066,95	Maksimal vannføring (l/s)

Tabell 55 Maksimal flomkapasitet på overflaten av VEG10000 (kilde: produsert i Excel)

Lignende beregninger er gjort for alle vegene og ligger i Vedlegg 9. Resultatet av disse vises i Tabell 56.

Overflatekapasitet	
VEG	Qmaks
	l/s
10000	21066,95
60000	1544,05
61000	4652,69
62000	982,05
63000	1025,71
64000	325,26

Tabell 56 Maksimal vannføring på overflaten av vegene
(kilde: produsert i Excel)

Som man ser er det snakk om relativt store vannmengder, da spesielt på første del av VEG10000, det bør merkes at disse verdiene er den teoretiske kapasiteten for vannføring og ikke nødvendigvis vannføringen som vil oppstå i en realistisk flomsituasjon. Det kan derfor være gunstig å undersøke hvilke vannmengder som kan komme i en slik situasjon, og i forlengelse se om vegene har tilstrekkelig kapasitet for å lede vannet vekk.

6.2 Analyse av overvann på området i flomsituasjon

Her skal flomsituasjonen som opptrer for et regn med 200-års gjentakintervall undersøkes. For å beregne vannmengdene i flomsituasjonen er det mulig å benytte seg av en kombinasjon av metoder brukt tidligere i oppgaven. Kapasiteten til det prosjekterte ledningsnett er beregnet i kapittel 5.2 **Avrenning**, da for å finne nødvendige rørdimensjoner. Disse beregningene ligger i Vedlegg 6. Da ble 10 minutters nedbørsintensitet i et 50-års gjentakintervall brukt for å beregne vannføring på de forskjellige vegene. Ettersom dette er gjort i Excel kan man enkelt bytte ut «inn» verdiene, med nedbørsintensitet fra 200-års gjentakintervall (se Tabell 57), for å finne vannføring i en slik regnsituasjon. Resultatet av dette ligger i Vedlegg 9.

		Minutter						
GI (år)	IVF (l/(s*ha))	1	2	3	5	10	15	20
		200	667,1	576	507,8	406,8	277,3	225,9
		30	45	60	90	120	180	360
	200	176,9	121	96,8	75,8	75,4	55,4	

Tabell 57 Nedbørsintensitet 200-års regn, Madla målestasjon (kilde: (Norsk Klimaservicesenter, u.d.))

Ved å gjøre dette er det mulig å sammenligne vannføringen ved 200-års regn, med overvannsnettets kapasitet ved alle strekningene under de respektive vegene, og dermed bestemme vannmengdene som nettet ikke kan ta til seg. I tillegg til dette kan det ved enkelte steder være en høyere vannføring enn de respektive sandfangene kan ta til seg, da dersom vannføringen overskrider 20l/s som er den antatte kapasitet til hvert enkelt sandfang. Hvor mye vann som da ledes på overflaten av vegene, er det samlede resultatet av overskridelse på ledningsnett og individuelle sandfang. Resultatet av dette vises i Tabell 58.

VEG	V _{overflate}	V _{rør}	
10000 (1)	0,0	6384,6	L/s
10000 (2)	25,0	328,7	L/s
11000 (1)	3,5	3655,0	L/s
11000 (2)	10,5	40	L/s
60000	9,0	71,4	L/s
61000	7,7	60,0	L/s
62000	17,6	414,8	L/s
63000	0,0	808,6	L/s
64000	0,0	426,6	L/s
65000	0,0	1073,7	L/s
71000	0,0	48,9	L/s
80000	0,0	17,0	L/s

Tabell 58 Vannføring i rør og på overflate ved 200-års regn (kilde: produsert i Excel)

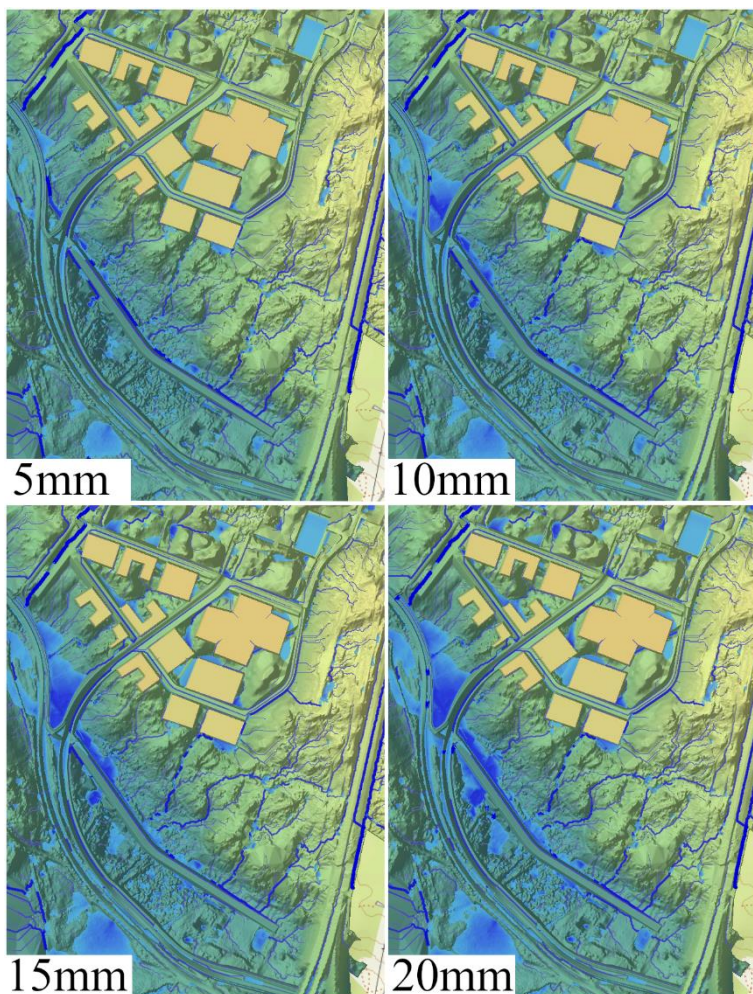
Som man ser, er de overflødige vannmengdene relativt lave sammenlignet med kapasiteten for ledning av overvann ved de tilsvarende vegene (se Tabell 56). Dette kan forklares med måten rørdimensjonene er bestemt. Da altså minste dimensjon som yter tilstrekkelig kapasitet. Ettersom det er begrensninger for hvilke rørdimensjoner som produseres, vil ledningsnettene ha en betydelig høyere kapasitet enn det som vil være nødvendig for den dimensjonende nedbøren, i dette tilfellet regn med 50-års gjentakintervall. Denne kapasiteten blir derimot utnyttet i undersøkelsen av 200-års regn, og det foreligger derfor en antagelse om at et rør ved en gitt strekning fylles helt opp før det forekommer oppstuvninger og oversvømmelse. Det bør også nevnes at sikkerhetsmarginen er såpass stor at man kan anta at vannmengdene også vil kunne ledes vekk fra bebyggelsen, selv om det skulle oppstått fortetninger i systemet eller ved sandfangene.

I kapittel **5.4 Fordrøyning** ble behovet for fordrøyning, samt kapasiteten til kulvert og utslipp beregnet, da også for et 50-års regn. Dersom man benytter seg av samme metode kan man beregne «behovet» for fordrøyning ved 200-års gjentakintervall. Da vil ikke hensikten være å fordrøye disse vannmengdene, men resultatet vil si noe om volumet av flommengdene. Disse beregningene ligger i Vedlegg 9. Resultatet av dette vises i Tabell **59**, da for tilsvarende «fordrøyningsoner (FS)» brukt i kapittel **5.4 Fordrøyning** (se Figur **68**).

Sone	Volum (m ³)
FS-1	0
FS-2	1846,35
FS-3	168,07

Tabell 59 Flommengder ved 200-års regn (kilde: produsert i Excel)

Figur 78 som er lagd ved bruk av *FLASH FLOOD MAPPING* i SCALGO, viser hvordan vannet vil samles på tomten på bakgrunn av topografi og konstruksjoner. Da bør det nevnes at infiltrasjon, samt ledningsnettets påvirkning ikke er inkludert. På bakgrunn av beregningene som er blitt gjort, kan man anta at den reelle situasjonen vil se noe annerledes ut enn resultatet i SCALGO. Den mest betydelige forskjellen, vil være på vestsiden av tomten der det antageligvis ikke vil være oppsamling av vann ettersom ledningsnettets og kulvertens kapasitet er tilstrekkelig for å ta til seg disse vannmengdene. I tillegg til dette er det i beregningen tatt utgangspunkt i oppsamling av alt vannet i bygningsområdene, til tross for at selve løsningen ikke er planlagt i denne oppgaven. Når dette er gjort rede for, ser man at vannet vil samles langs VEG65000, hvor Grannesbekken ligger før utbyggingen. Ettersom det er snakk om relativt store volumer (se Tabell 59) kan det være aktuelt å utvide nedsekningen langs dette strekket for å sikre at flommengdene ikke kommer på avveie, eller beveger seg ukontrollert til omkringliggende bebyggelse og områder. Det kan også være aktuelt å undersøke eventuelle behov for støping eller plastring skråningen av samme grunner brukt for fordrøyningsbassenget i kapittel 5.4 **Fordrøyning**.



Figur 78 Flashflood mapping, 5-20mm (kilde: produsert i SCALGO og Photoshop)

7. Blågrønn faktor

7.1 Trær på området

En av faktorene som gir mest poeng i sammenheng med blågrønn faktor er antallet trær på det aktuelle området. På grunn av områdets størrelse anses det som lettest å estimere den totale tremengden. Grunnlaget for estimatet er et kart som viser antallet tretopper på hele området. Dette kartet er generert på bakgrunn av DEM (digital elevation model)-data der det er antatt tresentre basert på den registrerte densiteten av punkter (SLA, 2021). Ved å legge inn grensene for området, samt grøftelinjene fra de planlagte vegene og byggene fra reguleringsplanen, kan man enkelt fjerne punktene, altså trærne som uansett må fjernes ved utbygging (se Figur 79).



Figur 79 Senterpunkter for trær, før og etter fjerning (kilde: produsert i AutoCAD, (SLA, 2021))

Det totale antall trær før og etter fjerning som følge av direkte utbygging vises i Tabell 60.

Trær fra måling	Antall
Total	17894
Etter fjerning	5259

Tabell 60 Antall trær på området, før og etter fjerning (kilde: produsert i Excel)

Dette er da det maksimale antall trær som kan være igjen etter utbygging. En av antagelsene ved fjerningen er at på områdene med planlagte bygg vil en måtte fjerne alle trærne som følger av utbyggingsprosessen.

Ved å se på området i Google earth (se Figur 80), virker det som det er stor biodiversitet i form av variasjon i tresort.



Figur 80 Bilde av universitetsområdet før utbygging (kilde: (Google, u.d.))

På grunn av dette er det antatt at fordelingen mellom de forskjellige tresortene i skogområdet kan estimeres ved å ta utgangspunkt i fordelingen generelt i regionen. Data fra *Norsk institutt for skog og landskap* gjør det mulig å anslå denne fordelingen, samt andelen av forskjellige tresorter med gitte diameter (se Tabell 61) (Norsk institutt for skog og landskap, 2013).

Fordeling av tresorter i Rogaland				
Tresort	Volum (mill. m³)	D(5-20cm)	D(20-30cm)	D(>30cm)
Lauv	5,6	100	6	1,1
Gran	4,7	22	5,1	1,6
Furu	6	30	9	3,6
Andel				
Lauv	0,34	0,934	0,056	0,010
Gran	0,29	0,767	0,178	0,056
Furu	0,37	0,704	0,211	0,085

Tabell 61 Fordeling av tre- sorter og størrelser i Rogaland (kilde: produsert i Excel)

Diameter (cm)	Omkrrets (cm)
5	15,7
20	62,8
30	94,2

Tabell 62 Diametere 5-30cm og tilsvarende omkrrets (kilde: produsert i Excel)

Ved å justere den totale tremengden etter disse fordelingene får man et anslag for området (se Tabell 63).

Estimert antall/tresorter på prosjektområdet		
Tretype	O<90cm	O≥90cm
Lauv	1788	19
Gran	1432	85
Furu	1772	164
Total	4992	267

Tabell 63 Estimert fordeling av tre- sorter og størrelser på området (kilde: produsert i Excel)

7.2 Beregning av blågrønn-faktor

For å beregne blågrønn faktor, kan man begynne med dele området inn etter flater som gir blågrønn-poeng (se Figur 81) (Plan- og bygningsetaten, 2020).



Figur 81 Oversikt områdets BGF flater (kilde: produsert i AutoCAD)

Dette er gjort i AutoCAD og det er derfor enkelt å hente ut arealene til disse flatene (se Tabell 64).

Flatetype	Areal (m ²)
Grønt terreng	123535
Grønne tak	28687
Parkanlegg	33540,5
Kombinert formål	34521
Ikke blågrønne areal	71770,5

Tabell 64 Oversikt BGF flatearealer (kilde: produsert i Excel)

Her kan det være gunstig å nevne at det er gjort enkelte antagelser. Den første er at området markert som grønt areal i reguleringsplanen bevares, og at eventuelle skader på dette som er oppstått under utbyggingen vil gro igjen over tid og derfor regnes med i sin helhet. I tillegg til dette antas det at bygningene skal konstrueres med grønne tak, men for å ha en sikkerhetsmargin på beregningene er det bestemt å kun benytte seg av halvparten av takenes areal, dette gjelder også for parkanleggene ettersom det er uvisst hvor stor andel av disse som vil bestå av rent grønne flater. Den totale summen blågrønn poeng nødvendig for å oppnå kravet om blågrønn faktor er tidligere beregnet og ligger på 204455 (se Tabell 3).

Total areal (m²)	292078
BGF krav	0,7
Total BGF	204455

Tabell 3 Krav for total BGF på byggetrinn-2 (kilde: produsert i Excel)

Det er da mulig å legge verdiene inn i regnearket, basert på skjema fra Vedlegg 3 (Plan- og bygningsetaten, 2020), resultatet vises i Tabell 65.

Tiltak	Areal/stk	Verdi	BGF
Terreng og flater	Areal m ²	Verdi pr m ²	
Grønt terreng	140305	1	140305
Grønne tak		0,9	0
		0,7	0
	28687	0,4	11474,8
Grønne vegger		0,4	0
Terreng forsenkning		1	0
Regnbed og vadi		4	0
		1	0
Dam med permanent vannspeil		2	0
Delvis åpne flater		0,3	0
Tette flater med avrenning til regnbed o.l		0,2	0
	Delsum BGF:		151779,8
Trær og busker	Stykk	Verdi pr stk	
Eksisterende trær	267	25	6675
	4992	12,5	62400
Nye trær		10	0
		5	0
	Areal m ²	Verdi pr stk	
Busker		0,4	0
	Delsum BGF:		69075
Blågrønn struktur	Stykk	Verdi pr stk	
Styrke blågrønn struktur		0,05	0
	Delsum BGF:		0
	Total BGF:		220854,8
	Total BGF:		0,756

Tabell 65 Beregning av BGF (kilde: produsert i Excel, (Plan- og bygningsetaten, 2020))

Fra Tabell 65 får man da at området ligger godt innenfor kravet, her bør det nevnes at tremengden utgjør en betydelig andel av den beregnede summen, noe som kan sies å være et usikkerhetsmoment i resultatet. Dersom man antar at alle trærne kun gir 12,5 poeng kan man relativt enkelt estimere det minste antallet trær, hvor kravet om blågrønnfaktor fortsatt er oppfylt, gitt at tidligere antagelser også gjelder (se Tabell 66).

Feilmargin for estimering av trær	
Antall poeng over krav	10662
Poeng fra trær for å nå krav	58413
Antall trær (12,5 poeng)	4673
Forskjell fra estimat	586
Feilmargin (%)	12,54

Tabell 66 Feilmargin for estimering av trær
(kilde: produsert i Excel)

Det er altså tillatt en forskjell på 12,54% på det estimerte antallet trær, gitt at alle disse gir minstesum. Dersom det viser seg ved utbygging at antallet trær på området blir mindre enn 4673 vil det bli nødvendig å kompensere gjennom andre tiltak, da for eksempel ved å plante nye trær.

8. Diskusjon

8.1 De prosjekterte løsninger og tre-trinnstrategien

Den prosjekterte løsning i dette prosjektet består i hovedsak av ledningsnett, med ett tilhørende fordrøyningsbasseng. I tillegg til å være en løsning for fordrøyning, vil det i bassenget også kunne infiltreres vann i grunnen, i motsetning til andre mulig fordrøyningsløsninger, som rørmagasin. På denne måten er fordrøyningsbassenget nært knyttet de to første leddene i treleddsstrategien, infiltrasjon og fordrøyning. Grøfter og skråninger tilknyttet de ulike vegene, vil også være bidra til infiltrasjon, før vannet renner videre inn i sandfang. Da flere av vegene er utformet med V-profil, bidrar dette til trygg bortledning av overvann i en flomsituasjon. På denne måten inkluderes også siste ledd i treleddsstrategien, i den planlagte løsningen. Grunnet prosjektets størrelse og omfang, ble ikke løsninger knyttet til de enkelte bygg, slik som parkområder og grønne tak, detaljprosjektert slik som ledningsnettet. Det er disse områdene det vil være størst bruk av åpne, blågrønne løsninger, som gir gode muligheter for infiltrasjon og fordrøyning. Noe som kan være interessant å belyse, er hvordan overvannet oppfører seg inne på de respektive områdene med parker og bygninger. Dette kan være ting som hvordan vannet samles opp, hvordan det ledes inn på ledningsnett og hvor vannet renner på overflaten ved flom.

8.2 Valg og bruk av metoder

Noe som kan nevnes angående valg av beregningsmetoder, er at dette er gjort med fokus på selve prosjektet, og på bakgrunn av både oppgavens og områdets størrelse. Et eksempel på dette vil blant annet være bruken av den rasjonelle metode. For mindre områder opplevdes metoden svært gunstig for å fastslå konkrete avrenningsmengder, og av den grunn var det også nødvendig å dele opp utbyggingsområdet for å få tilstrekkelig informasjon. På et generelt nivå kan det derfor anbefales å tilpasse fremgangsmåten ut ifra det aktuelle prosjektet dersom man skal benytte seg av den rasjonelle metoden.

En av metodene som ikke nødvendigvis kan anvendes universelt er konsentrasjonstid i urbane felt, da det kan være mer gunstig å anvende en annen beregningsmetode dersom prosjektet har andre kjennetegn eller generell oppbygning. Grunnen til at den ble benyttet i denne oppgaven var primært av hensyn til reguleringsplanens utforming, men også fordi den krever få inn data. Dette gjorde at den var relativt enkel å benytte seg av, men man må derfor også være klar over at resultatet vil være et forenklet estimat.

Avrenningsmengdene og vannføringen som forventes ble beregnet på bakgrunn av en konsentrasjonstid på 10 minutter. Dette kan ha resultert i at den dimensjonerende vannmengden både er for liten eller for stor, ettersom den faktiske avrenning kan vise seg å ha en konsentrasjonstid som både er høyere eller lavere enn det som er blitt brukt. En eventuell effekt av dette vil da være at rørdimensjonene for noen av strekningene er overdimensjonert og for andre underdimensjonert. Noe som kunne blitt gjort for å få enda mer nøyaktige resultat, ville vært å gjøre beregninger på konsentrasjontiden for vannmengdene på de forskjellige vegene, og dermed eventuelt benyttet en annen konsentrasjonstid og i forlengelse nedbørsintensitet ved dimensjonering av rørene. Man kan anta at konsentrasjonstiden på de forskjellige vegene ville variert som følge av forskjeller i blant annet helning og utforming. Noe som gjør at det kan forventes et behov for en analyse, med hensikt å bestemme den konsentrasjontiden som ville gitt størst total avrenning på alle vegene samlet, og i forlengelse størst vannføring i overvannsnettet. Noe som også er interessant er hvordan konsentrasjonstiden påvirker hvilke vannmengder som behøver tiltak for fordrøyning. I oppgaven ble dette behovet først beregnet ved bruk av regnenvelop metoden. Av praktiske årsaker ble området delt opp, og ved bruk av regnenvelop viste det seg at det fantes et behov for fordrøyning. For det ene området oppstod den største mengden ved regn med en konsentrasjonstid på 3 minutter, men på grunn av områdets størrelse var det mulig å estimere avrenningens konsentrasjonstid på området, som var betydelig høyere. Som et resultat av dette kunne man anta at det ikke ville være behov for fordrøyning, spesifikt for dette delområdet. Noe som derfor er interessant, og kan være gunstig å undersøke dersom man skal planlegge overvannshåndtering på større områder, er sammenhengen mellom konsentrasjonstid og potensielle fordrøyningsmengder. Med andre ord ble det erfart at regnenvelopmetoden til en viss grad kan være unøyaktig for større områder, og noe man må være obs på. Et annet overraskende resultat var hvor effektive vegene kunne være med hensyn på bortledning av flommengder, som følge av helning og tverrprofil. Dette er et tema som hadde vært interessant å gå mer i dybden på, da for eksempel undersøkt hvordan det å benytte seg av v-profil kan bidra til å løse overvannsproblematikk på andre områder eller under andre omstendigheter. I byer hvor bebyggelse ligger spesielt tett, kan det tenkes at oversvømmelser og flom er svært problematisk, og man kunne da i teorien sammenlignet nytte effekten av å samle vann i vegen med tanke på skader, mot reduksjonen i vegens hovedfunksjon.

8.3 Nødvendige vurderinger og verktøy

Ettersom en utbygging som Nye SUS fjerner vegetasjon, og bidrar til økt grad av tette flater, som asfalt og bygninger, blir avrenningsmengdene- og mønstrene påvirket i stor grad. Forskjellen mellom avrenningen før og etter utbygging vil bli mye større, sammenlignet med en utbygging i allerede urbane miljøer. Noe som er viktig å kartlegge både før og under prosjektering og utbygging, er hvordan elver, bekker og terrenget blir påvirket av prosjektet. I denne oppgaven kan man se hvordan kollektivtraseen passerer over den eksisterende Grannesbekken, og nytt bekkeinntak er planlagt på østsiden av vegen. På samme måte er det viktig å analysere og planlegge hvordan inngrep i terrenget påvirker den eksisterende avrenningen, og se på løsninger som kan være nødvendige for å sikre en trygg avrenning også etter utbyggingen. Et program som SCALGO, der man kan teste ulike inngrep i terrenget, kan gi et oversiktlig bilde av nye avrenningsmønstre, og kan derfor bidra til å oppnå de beste løsningene under planleggingen av nye prosjekter. En annen faktor som er viktig å vurdere er faunen i området, dersom det er store skogområder som forsvinner, eller andre grønne områder som blir påvirket av utbyggingen. Det er derfor viktig med en samkjøring mellom ulike fag i slike prosjekter, som vegplanleggere, VA-ingeniører, biologer og miljøingeniører for å nevne noen. Dette kan være med på å minske inngrepet på terrenget, og da fortsatt opprettholde deler av faunaen i området.

8.4 Krav om blågrønn faktor

Det var veldig overkommelig å imøtekomme krav om blågrønn faktor for dette utbyggingsområdet. Grunnen til dette er at området fra før er jomfruelig, bestående hovedsaklig av grønne flater, naturlige vannveger og skogholt, og derfor antageligvis en BGF verdi langt innenforbi kravet. Ved slike områder vil det derfor være mulig å utarbeide en plan der man kun fokuserer på å ikke redusere BGF så mye at kravet ikke lenger oppfylles. Dersom man skal si noe om vanskelighetsgraden for å oppfylle krav om BGF på et generelt nivå, ville det kanskje vært mer gunstig å sett på et utbyggingsprosjekt hvor det eksisterende området ikke har tilstrekkelige blågrønne verdier. Dette ville være tilfeller slik som utbygging i byer eller på industri områder, hvor det eventuelt finnes eksisterende bebyggelse og infrastruktur som ble bygget før kravene om BGF ble innført. Da kan det oppstå behov for kreative løsninger og tiltak for å øke BGF fra før til etter utbygging. Det bør også nevnes at selve reguleringsplanen for området ble utarbeidet av andre aktører, som mest sannsynlig har vært bevisst på å oppfylle kravene, noe som resulterte i at det var lite behov for å gå dypt inn på dette fagområdet i oppgaven.

8.5 Rensetiltak og forurensing

Når det gjelder graden av forurensing i overvannet og behovet for tiltak, ble dette bestemt på bakgrunn av ÅDT, samt Grannesbukta's klassifisering som sårbar vannforekomst. På et generelt nivå finnes flere andre faktorer som også må vurderes for å fastslå behovet og deretter planlegge tiltak. Eksempler på slike faktorer er utslippskilder i nærområdet slik som fabrikker eller drift av jordbruk. Det kan være fare for utslipp fra fabrikker som absolutt ikke burde ende opp i vannforekomster, da spesielt ikke sårbare resipienter. For utbyggingsområdet i denne oppgaven ble det antatt at det ikke fantas nærliggende fabrikker/industri som utgjorde fare for utslipp. Dette viste seg å være feil, da det i mai 2021 ble sluppet ut 30 m³ boreslam fra installasjonen Ullrigg som ligger nord for prosjektområdet. Boreslammet endte opp i Grannesbekken og ble ledet ut i Grannesbukta (Refvem, 2021). Det bør også nevnes at det sør for området ligger jordbruk. Grunnen til at man må være oppmerksom på jordbruk er at det kan benyttes kunstgjødsel på slike områder, som inneholder forurensende partikler og stoffer. Disse områdene ble ikke tatt hensyn til i oppgaven ettersom de ligger nedstrøms, og at den eventuelle forurensing dermed ikke kommer gjennom det planlagte systemet. Likevel kunne det vært mulig å sett på tiltak for å forhindre eller "gjøre opp for" den potensielle effekten av dette. En annen faktor som også kan bidra til forurensing er lekkasje fra spillvannsledninger, som følge av slitasje over tid. I denne oppgaven ble hverken vannledninger eller spillvannsledninger inkludert, og av den grunn heller ikke vurdert med tanke på forurensing. Dette er noe som hadde være gunstig å undersøke, da for å få et mer fullstendig innblikk i den faktiske forurenings situasjonen, og eventuelt fastslått behovet for flere eller andre renssetiltak.

8.6 Digitale verktøy

Bruken av digitale verktøy er svært utbredt i Nye SUS prosjektet, og har utgjort en stor del av denne oppgaven, for prosjektering av veg og VA. Digitale verktøy i store utbyggingsprosjekter som Nye SUS, gir gode muligheter for samhandling mellom ulike fag, slik at feil blir oppdaget før det er for sent. I denne oppgaven ble veg og VA prosjektert sammen i Novapoint, som gjorde det enklere å samkjøre vegkonstruksjonene og ledningsnett. Under prosjektering ble vegmodellene lastet inn i SCALGO, der avrenningsmønstre ble testet, for å kontrollere at den ønskede avrenningen ble oppnådd, basert på vegenes helning og fall. For prosjekter av alle størrelser vil et program som SCALGO kunne bidra til å kontrollere de prosjekterte løsningene og deres påvirkning på avrenning. På denne måten kan en samkjøring mellom analyseprogrammer og prosjekteringsprogrammer bidra til å oppdage feil tidlig i prosjektfasen. Dette viser derfor hvor viktig det er å bruke digitale verktøy, på tvers av fag, for å kontrollere at totalen i prosjektet blir som ønskelig, og uforutsette hindringer kan løses tidligst mulig.

9. Konklusjon

Systemene som kreves for å håndtere overvannsmengdene på utbygingsområdet, er prosjektert og ligger i Vedlegg 1. For å kunne prosjektere disse tiltakene, har vi først gått gjennom overvannsproblematikk for området ved å se på faktorer slik som flom, avrenning, blågrønne verdier, forurensing og planlagt infrastruktur. Det har også vært essensielt å forholde seg til gjeldene regelverk og normsett, da hovedsakelig håndbøker fra Statens vegvesen for prosjektering av veg, og VA-norm for Stavanger kommune ved prosjektering av overvannsnett. En av delproblemstillingene gikk ut på hvordan man kan benytte seg av veg, som en ressurs i håndteringen av overvann. Da viste det seg at veger kan ha en god nyttefunksjon for ledning av overvann, spesielt i en flomsituasjon, gjennom å utforme disse med V-profil. Det har i tillegg bidratt til å forenkle deler av utregningen, som følge av mer forutsigbare avrenningsmønstre. Når det gjelder rensing og blågrønn faktor, viste det seg å være svært lite behov for utbedring eller forslag, på bakgrunn av områdets foreslåtte reguleringsplan og fremtidig bruksområder. I ettertid viste det seg at det fantes faremomenter for forurensing som ikke ble forutsett. Med hensyn til fordrøyning resulterte utregninger i at det ville være et behov, og et generelt eksempel ble vist for å håndtere dette. Noe som hadde vært interessant å se på videre, er en sammenligning av løsninger og en detaljprosjektering av fordrøyningstiltaket.

10. Referanser

- Adobe. (u.d.). *Photoshop*. Hentet fra Adobe:
<https://www.adobe.com/no/products/photoshop.html>
- Arbeidstilsynet. (u.d.). *Gravearbeid*. Hentet fra Arbeidstilsynet:
https://www.arbeidstilsynet.no/tema/gravearbeid/?fbclid=IwAR3LP6qxnZqnTINz_uuPXEvWv1NImbDZfnhDnEauL-15iFKOYVt6Zq0do
- Aubert, K. E. (2020, November 11). *Linær algebra*. Hentet fra Store Norske Leksikon:
https://snl.no/line%C3%A6r_algebra
- Autodesk. (2021, Februar 3). *What is AutoCAD*. Hentet fra Autodesk:
<https://www.autodesk.com/products/autocad/overview?term=1-YEAR&support=null>
- Autodesk. (u.d.). *What is BIM?* Hentet fra Autodesk:
https://www.autodesk.com/solutions/bim?us_oa=dotcom-us&us_si=b7910aff-a008-4e04-83e6-df5376f680cf&us_st=BIM
- Butler, D., & Davies, J. W. (2004). *Urban drainage (second edition)*. London: Spon Press.
- Byggforsk. (2012, Mai). *Vann i by*. Hentet fra Byggforsk:
https://www.byggforsk.no/dokument/2562/vann_i_by_haandtering_av_overvann_i_bebygde_omraader
- COWI. (2021). Informasjon gitt i samtaler og tilsendt fra veiledere i COWI. Stavanger.
- Dannevig, P., & Harstveit, K. (2020, November 9). *Klima i Norge*. Hentet fra Store Norske Leksikon: https://snl.no/klima_i_Norge
- Dannevig, P., & Harstveit, K. (2021, Mars 19). *Klima*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/klima>
- Dannevig, P., & Holm, A. K. (2019, Desember 23). *Nedbør*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/nedb%C3%B8r>
- Davanger, C. (2018, November 14). *Norsk sykehus er verdens beste digitale byggeprosjekt*. Hentet fra Building Supply:
https://www.buildingsupply.no/article/view/632039/norsk_sykehus_er_verdens_beste_digitale_byggeprosjekt
- DHI. (2017). *MOUSE runoff reference manual*. DHI.
- Dyrørdal, A. V. (2020, Februar 5). *Dimensjonerende nedbør*. Hentet fra Store norske lekiskon: https://snl.no/dimensjonerende_nedb%C3%B8r
- Excel X. (u.d.). *What is Excel?* Hentet Februar 2021 fra Excel X: <https://excelx.com/what-is-excel/>
- Google. (u.d.). Hentet fra Google Earth: <https://www.google.com/intl/no/earth/>
- Grahl-Madsen, M. (2020, Desember 8). *Hydraulikk*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/hydraulikk>
- Gundersen, D. (2021, April 1). *Homogen*. Hentet fra Store Norske Lekiskon: <https://snl.no/homogen>
- Helse Stavanger. (2018, Juni 18). *Hvorfor bygger vi nytt sykehus?* Hentet fra Helse Stavanger: <https://helse-stavanger.no/om-oss/sus2023/hvorfor-bygger-vi-nytt-sykehus>
- Helse Stavanger. (2019, April 17). *SUS2023 sikrer 600 lokale jobber med kontrakter for over 2,5 milliarder kroner (inkl. mva)*. Hentet fra Helse Stavanger: <https://helse-stavanger.no/om-oss/nyheter/sus2023-sikrer-600-lokale-jobber-med-kontrakter-for-over-25-milliarder-kroner-inkl-mva>
- Hofstad, K. (2020, Desember 15). *Hektar*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/hektar>
- Kartverket. (u.d.). *Norges kart*. Hentet 2021 fra Norges kart: <https://norgeskart.no/#!?project=norgeskart&layers=1002&zoom=12&lat=6569652.92&lon=-33987.50>

- Klima- og miljødepartementet. (2020, November 13). *Gode bymiljø og bærekraftige byer*. Hentet fra Regjeringen: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/bymiljo-og-barekraftige-byer/id2344800/>
- Kolumbus. (u.d.). *Rutetabeller - Buss*. Hentet 2021 fra Kolumbus: <https://www.kolumbus.no/reise/rutetabeller/buss/>
- Kommunekart. (u.d.). *Kommunekart*. Hentet 2021 fra <https://kommunekart.com/>
- Mathexchange. (2013, Juli 29). *Volume calculation of truncated cones with ellipses as base and top*. Hentet Mars 2021 fra Mathematics: <https://math.stackexchange.com/questions/455030/volume-calculation-of-truncated-cones-with-ellipses-as-base-and-top>
- MFT: Miljø og fluidteknikk AS. (2021). *Fordrøyning av overvann*. VA-miljøblad.
- Miljødirektoratet. (2021, Februar 7). *Miljødirektoratet.no*. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/klimatilpasning/kunnskapsgrunnlag-for-klimatilpasning/>
- Miljødirektoratet. (u.d.). *Klimatilpasning i vann og avløpsektoren*. Hentet Februar 7, 2021 fra Miljødirektoratet: <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/klimatilpasning/klimatilpasning-i-sektorer/vann-og-avlop/>
- Mæhlum, L. (2020, November 17). *SOSI*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/SOSI>
- NAOB. (u.d.). *Permeabilitet*. Hentet fra Det Norske Akademis Ordbok: <https://naob.no/ordbok/permeabilitet>
- NGU. (u.d.). *Kart på nett*. Hentet 2021 fra Norges geologiske undersøkelse: <https://www.ngu.no/emne/kart-pa-nett>
- NKF Nettverksgruppe. (2020). *Veg norm for sør Rogaland*. Sør Rogaland.
- Norges Offentlige Utredning - NOU. (2015). *Overvann i byer og tettsteder*. Oslo: NOU.
- Norsk institutt for skog og landskap. (2013). *Statistikk over skogforhold og skogressurser i Rogaland*. Skog og landskap. Hentet 2021 fra <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2452028>
- Norsk Klimaservicesenter. (2021, Februar 7). *Hva er dimensjonerende nedbør?* Hentet fra Norsk Klimaservicesenter: <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/article.xhtml?uri=klimaservicesenteret/dimensjonerende-nedbor/hva-er-dimensjonerende-nedbor>
- Norsk Klimaservicesenter. (2021, Februar 7). *Nedbørsintensitet*. Hentet fra Norsk Klimaservicesenter: <https://klimaservicesenter.no/>
- Norsk Klimaservicesenter. (u.d.). *Nedbørsintensiteter (IVF-verdier)*. Hentet Februar 2021 fra Norsk Klimaservicesenter (b): <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb>
- Opheimsbakken, O. I., Lehn-Hermansen, S., Helland, T., Borge, E., Colbjørnsen, H., Grimsgaard, L., & Holbein, Y. (2017). *Retningslinjer for overvannshåndtering*. Kommunene Lørenskog, Rælingen og Skedsmo.
- Paus, K. H., & Braskerud, B. C. (2013). *Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold*. Vannforeningen. Hentet 2021 fra https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2013_872571.pdf
- Pedersen, B. (2020, Oktober). *absorpsjon*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/absorpsjon>
- Plan- og bygningsetaten. (2020). *Blågrønn faktor for boliger i Oslo*. Oslo: Plan- og bygningsetaten.
- Produktfakta. (2020, Desember 14). *Nye Stavanger sykehus*. Hentet fra Produktfakta: <https://www.produktfakta.no/sus2023-akuttbygg-bygg-c-og-d-bygg-21-23-og-23/prosjekt.html>

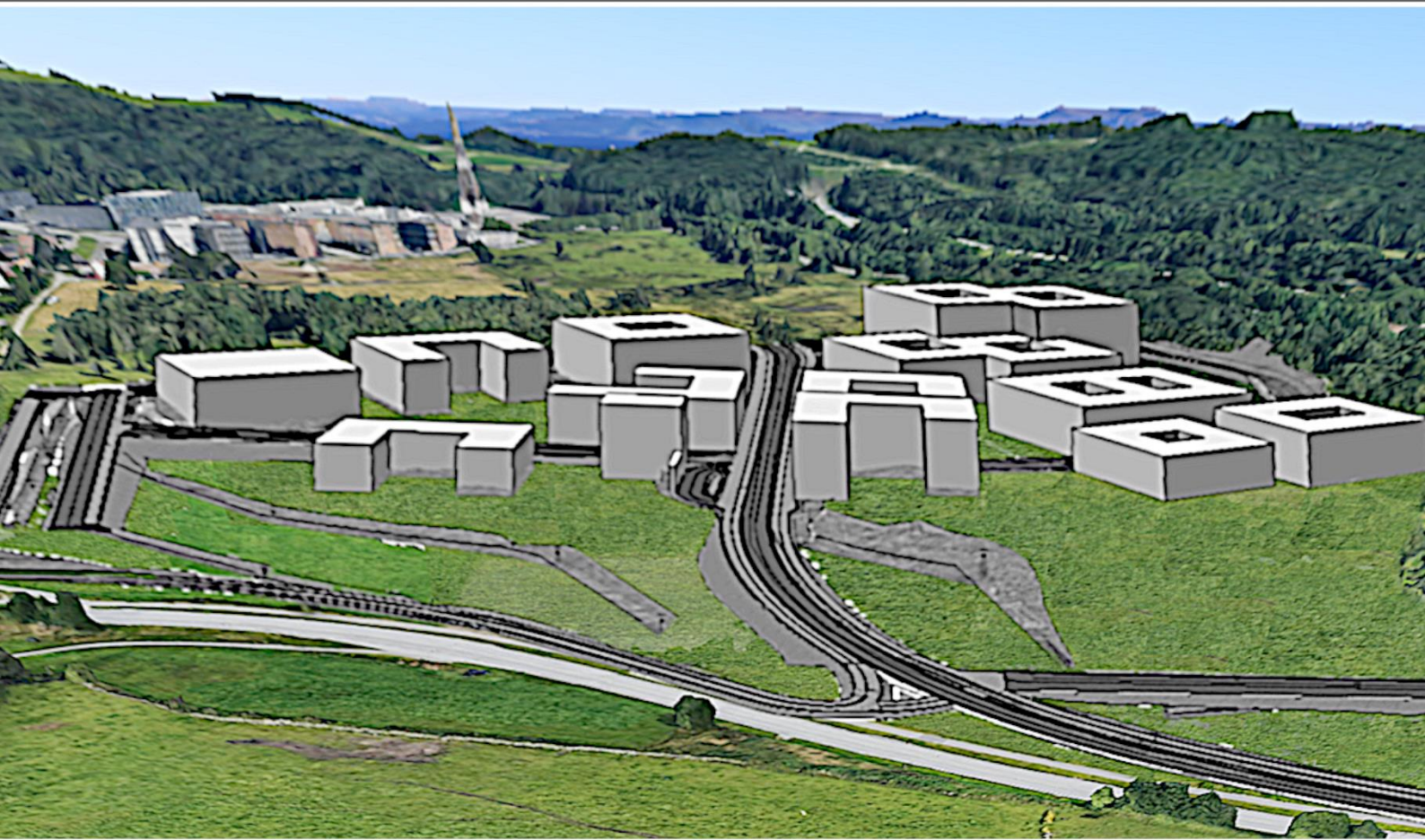
- Refvem, F. (2021, Mai 5). Boreslam fra Ullrigg sluppet ut i naturreservat. *Stavanger Aftenblad*. Hentet fra <https://www.aftenbladet.no/lokalt/i/9OJV6l/boreslam-fra-ullrigg-sluppet-ut-i-naturreservat>
- Rossen, E. (2017, Oktober 2). *DAK (IT)*. Hentet fra Store Norske Leksikon: https://snl.no/DAK_-_IT
- Rygh, P. (2020, November 16). *Prosjektering*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/prosjektering>
- SCALGO. (u.d.). *About us*. Hentet fra Scalgo: <https://scalgo.com/en-US/about>
- SCALGO. (u.d. (b)). *Documentation*. Hentet fra SCALGO: <https://scalgo.com/en-US/scalgo-live-documentation/>
- SeNorge. (u.d.). *Årsnedbør*. Hentet fra SeNorge: <http://www.senorge.no/?p=senorgeny&st=weather>
- Seter, K. (2013, September 6). *Store værsystemer i lille Norge*. Hentet fra Yr: <https://www.yr.no/artikkel/store-vaersystemer-i-lille-norge-1.11225740>
- Skjæveland. (u.d.). *Avløpsrør og deler*. Hentet fra Skjæveland: https://www.skjaveland.no/skjaeveland/1-avlopsror-og-deler/qmax-basal/qmax-basal?fbclid=IwAR22n9g49etBD4td5GA7Lu3MZFAGsnh49KuqFq9TxZWRLGI_5YJekcyEuVE
- SLA. (2021). Informasjon fra samtaler med SLA. Stavanger.
- SNL. (2018 (a), Juli 5). *Renseanlegg*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/.search?query=Renseanlegg>
- SNL. (2018 (b), Juli 5). *Sandfang*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/sandfang>
- SNL. (2020 (a), September 29). *Kulvert*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/kulvert>
- SNL. (2020 (b), Februar 5). *Overvann*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/overvann>
- SNL. (2021 (a), Mars 16). *Infiltrasjon (hydrologi)*. Hentet fra Store Norske Leksikon: https://snl.no/infiltrasjon_-_hydrologi
- SNL. (2021 (b), Mars 19). *Infrastruktur*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/infrastruktur>
- SNL. (2021 (c), Januar 14). *Kote*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/kote>
- SNL. (2021 (d), Januar 27). *Vegetasjon*. Hentet fra Store Norske Leksikon: https://snl.no/vegetasjon_-_botanikk
- Sola kommune. (1996, Desember 20). *Forskrift om fredning av Grannesbukta som naturreservat*. Hentet fra Lovdata: <https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/1996-12-20-1291>
- Statens Vegvesen. (2014 (a)). *HB V129 Universell utforming av veger og gater*. Vegdirektoratet. Hentet 2021 fra <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker>
- Statens Vegvesen. (2014 (b)). *FOREVA (rapport nr.278)*. Ressursavdelingen. Vegdirektoratet.
- Statens Vegvesen. (2015). *HB V770 Modellgrunnlag*. Vegdirektoratet. Hentet 2021 fra <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker>
- Statens Vegvesen. (2018). *HB N200 Vegbygging*. Vegdirektoratet. Hentet 2021 fra <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker>
- Statens Vegvesen. (2019 (a)). *HB N100 Veg og gateutforming*. Vegdirektoratet. Hentet 2021 fra <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker>
- Statens Vegvesen. (2019 (b)). *HB V120 Premisser for geometrisk utforming av veger*. Vegdirektoratet. Hentet 2021 fra <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker>

- Statens Vegvesen. (2020). *HB V240 Vannhåndtering*. Vegdirektoratet. Hentet fra <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker>
- Stavanger kommune. ((a)). *VA-norm*. Stavanger: VA-norm. Hentet 2021 fra <https://www.va-norm.no/stavanger/>
- Stavanger kommune. ((b)). *Vedlegg 9: Overvannshåndtering*. VA-norm .
- Stavanger kommune. ((c)). *Vedlegg 3: Materialkrav til vann- og avløpsrør*. VA-norm.
- Stavanger Kommune. ((d)). *Vedlegg 2: Kum med prefabrikkert bunn, avløp*. VA-norm.
- Stavanger kommune. (2016). *Plan2510 - Områderegulering for universitetsområdet*. Stavanger: Stavanger kommune.
- Stenstad, V., & Rolstad, A. N. (2004). *Klarere ansvarsforhold og nye kontrollprosedyrer*. Oslo: Byggforsk: Norges byggforskingsinstitutt.
- Tollan, A. (2020, April 22). *Flom*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/flom>
- Tollan, A., & Bakken, T. H. (2019, Desember 20). *Hydrologi*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/hydrologi>
- Trimble. (2021, Februar 3). *Novapoint*. Hentet fra Trimble: <https://civil.trimble.no/produkter/novapoint>
- UiO: Institutt for biovitenskap. (2015, Juli 15). *Klima*. Hentet fra UiO: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/k/klima.html>
- UiS. (2020, Oktober 14). *Bussruter*. Hentet fra Universitetet i Stavanger: <https://www.uis.no/nb/bussruter>
- UiS. (2021). Informasjon fra tidligere forelesninger ved studiet.
- VA forum. (2020, Oktober). *Tre trinn til tryggere overvann*. Hentet fra VA forum: <https://vaforum.no/vaforum-artikler/tre-trinn-til-tryggere-overvann/>
- VA-blad. (1997 (a)). *nr.6 Grøftutførelse stive rør*. (Interconsult AS) Hentet fra Miljøblad: <https://www.va-blad.no/387/>
- VA-blad. (1997 (b)). *nr.5 Grøftutførelse fleksible rør*. (Interconsult AS) Hentet fra Miljøblad: <https://www.va-blad.no/groftutforelse-fleksible-ror/>
- VA-blad. (1998). *nr.30 Valg av rørmateriale*. (Norsk rørsenter) Hentet fra Miljøblad: <https://www.va-blad.no/kapittel-30/>
- VA-blad. (2006). *nr.69 Overvannsdammer. Beregning av volum*. (O. Lindholm, Produsent) Hentet fra Miljøblad: <https://www.va-blad.no/overvannsdammer-beregning-av-volum/>
- VA-blad. (2007). *nr.75 Utforming av overvannsdammer*. (COWI AS) Hentet fra Miljøblad: <https://www.va-blad.no/utforming-av-overvannsdammer/>
- VA-blad. (2007). *nr.79 Dimensjonering av avløpsledninger*. (O. Lindholm, Produsent) Hentet fra Miljøblad: <https://www.va-blad.no/dimensjonering-av-avlopsledninger-selvrensing/>
- VA-blad. (2009). *nr.92 Infiltrasjon av overvann*. (S. Endresen, Produsent) Hentet fra Miljøblad: <https://www.va-blad.no/overflateinfiltrasjon/>
- VA-blad. (2009). *nr.93 Åpne flomveier*. (S. Endresen, Produsent) Hentet fra Miljøblad: <https://www.va-blad.no/apne-flomveier/>
- VA-blad. (2013). *nr.109 Frostsikring av VA ledninger og kummer*. (COWI) Hentet fra Miljøblad: <https://www.va-blad.no/frostsikring-av-va-ledninger-og-kummer/>
- VA-blad. (2016). *nr.117 Gatesandfang*. (O. Lindholm, Produsent) Hentet fra Miljøblad: <https://www.va-blad.no/gatesandfang/>
- VA-blad. (2018). *nr.125 Håndtering av overvann - LOD*. (O. Lindholm, Produsent) Hentet fra Miljøblad: <https://www.va-blad.no/handtering-av-overvann-lod/>
- Varsom. (u.d.). *Ordlister for flom*. Hentet fra Varsom: <https://www.varsom.no/flom-og-jordskredvarsling/ordliste-for-flom/>
- Vista analyse AS. (2015). *Kostnader og nytte ved overvannstiltak*. Oslo: Vista analyse AS.
- Weber, J. E. (2018, September 7). *Den norske Atlanterhavsstrømmer*. Hentet fra Store Norske Leksikon: https://snl.no/Den_norske_atlanterhavsstr%C3%B8mmen

- Ødegaard, H., Thorolfsson, S. T., Lindholm, O., Sægrov, S., Mosevoll, G., & Heistad, A. (2014). *Vann- og avløpsteknikk 2.utg.* Hamar: Norsk Vann.
- Ørstavik, F. (2019, April 23). *Entreprenør (innovasjon)*. Hentet fra Store Norske Leksikon: https://snl.no/entrepren%C3%B8r_-_innovasjon
- Aarnes, J. F. (2018, Juni 4). *Interpolasjon*. Hentet fra Store Norske Leksikon: https://snl.no/interpolasjon_-_matematikk

Bacheloroppgave 2021

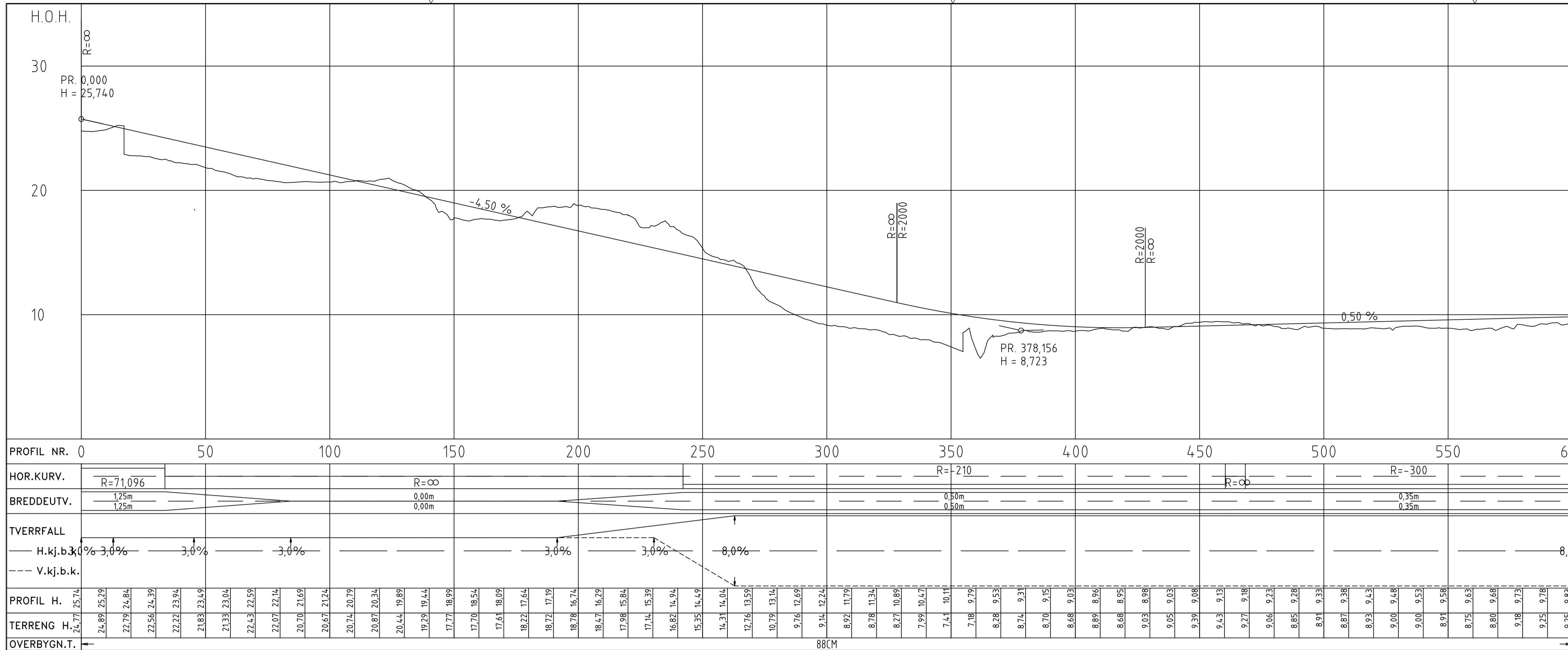
Tekniske tegninger



Joakim Skjelde
Marius Evanger Voss

VEDLEGG 1: tekniske tegninger

Tegningstype	Innhold	Tegningsnummer	Målestokk
A-tegninger	Forside og tegningsliste		
REG-tegninger			
	Reguleringsplan 2510	REG100	1:2000
	Reguleringsplan 2674	REG101	1:2000
B-tegninger	Oversikt		
		B100	1:2000
C-tegninger	Primærveg: Plan og profil		
	VEG10000 P0-P600	C100	1:1000
	VEG10000 P600-1033	C101	1:1000
	VEG11000	C102	1:500
	VEG60000	C103	1:500
	VEG61000	C104	1:500
	VEG62000	C105	1:500
	VEG63000	C106	1:500
	VEG64000	C107	1:500
	VEG65000	C108	1:1000
	VEG70000	C109	1:500
	VEG71000	C110	1:500
	VEG80000	C111	1:500
F-tegninger	Normalprofiler og overbygning		
	Normalprofil VEG10000	F100	1:100
	Normalprofil VEG10000	F101	1:100
	Normalprofil VEG10000	F102	1:100
	Normalprofil VEG11000	F103	1:100
	Normalprofil VEG60000 og VEG61000	F104	1:100
	Normalprofil VEG62000, VEG63000 og VEG64000	F105	1:100
	Normalprofil VEG65000 og VEG71000	F106	1:50
	Overbygning GS, Veg og torg	F107	1:5
GH-tegninger	VA: Plan og profil, prinsipp sandfang,		
	Oversikt	GH100	1:2000
	VEG10000 P1	GH101	1:500
	VEG10000 P2	GH102	1:500
	VEG10000 P3	GH103	1:1000
	VEG11000 P1	GH104	1:500
	VEG11000 P2	GH105	1:500
	VEG60000	GH106	1:500
	VEG61000	GH107	1:500
	VEG62000	GH108	1:500
	VEG63000	GH109	1:500
	VEG64000	GH110	1:500
	VEG65000	GH111	1:1000
	VEG71000	GH112	1:500
	Grøntområde vest trase	GH113	1:500
	Fordrøyningsbasseng øst trase	GH114	1:500
	Prinsippskisse sandfang-overvannskum	GH115	1:100
	Grøftesnitt	GH116	1:50
	Grøftesnitt	GH117	1:50
	Prinsipp fordrøyningsbasseng	GH118	1:50



MERKNADER

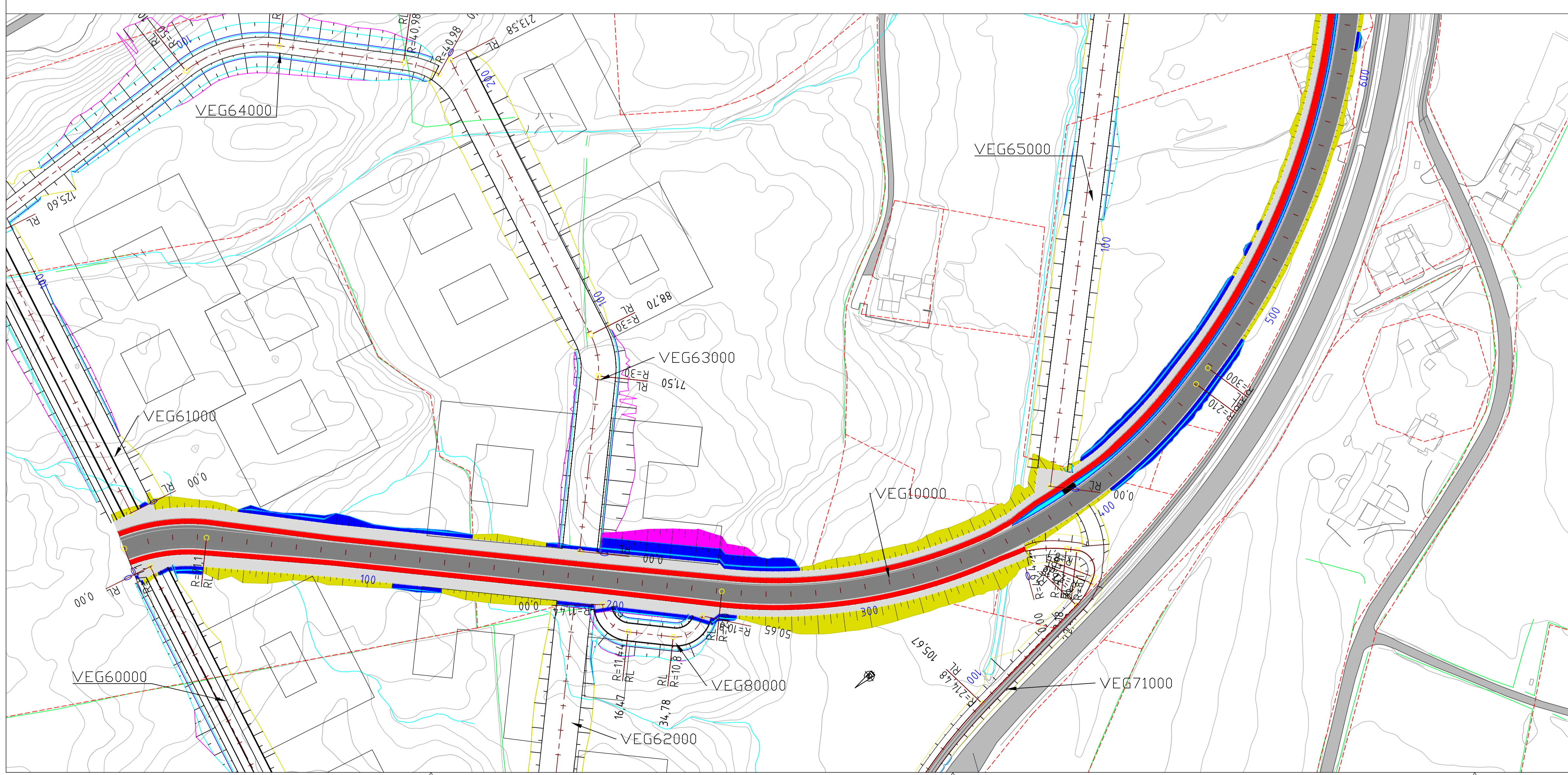
Tegnforklaring
Prosjekttert

- Vegbane
- Skulder
- Fortau
- Sykkelfelt
- Torg
- Grøfteside
- Grøftebunn
- Fylling
- Skjæring

VEGXXXXX Henvisning til vegmodell

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høydereferansesystem: NN2000



NUMMER	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00		----	A00

ENTREPRISE

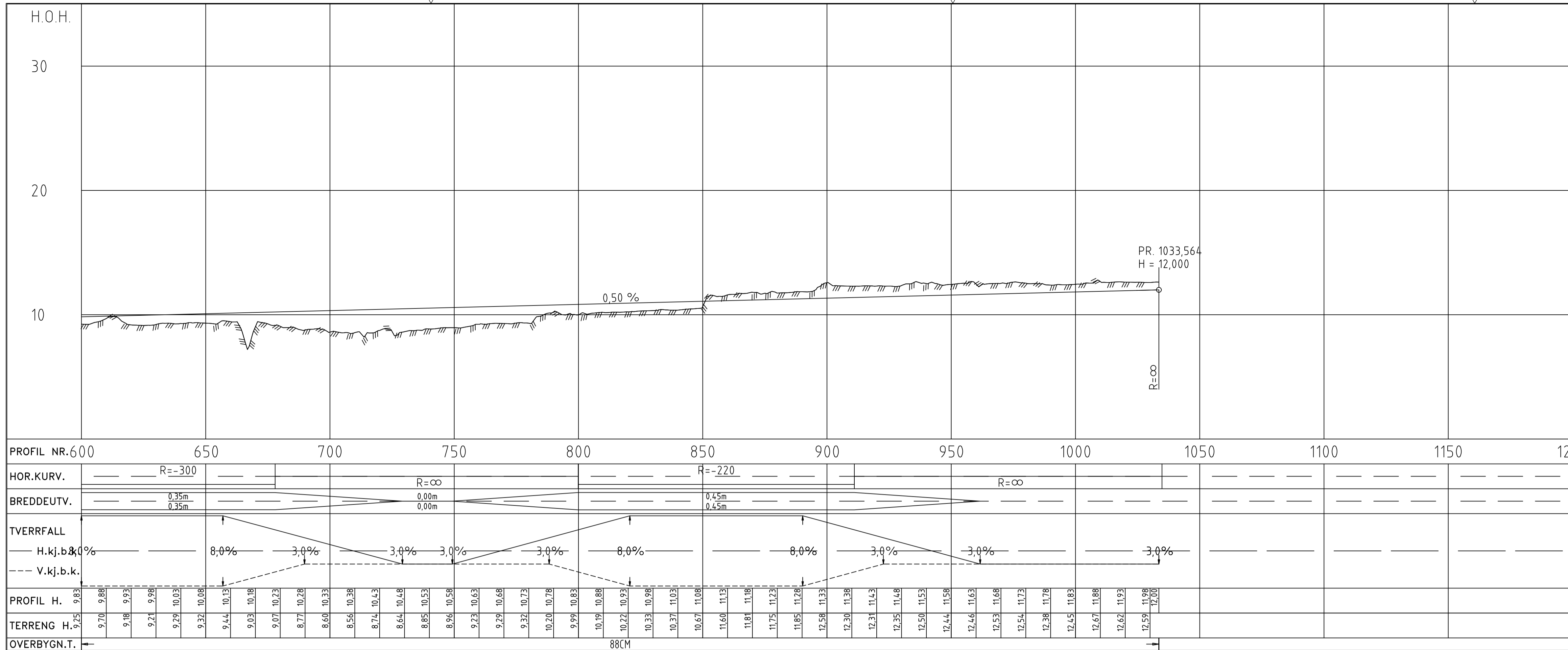
NO	DD MM YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATE	RETTELSEN GJELDER	DIS.LED	SAKS.BH	KONTR.	GOOKJ.

Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN: Bacheloroppgave
FASE: Levering
OPPRETTET DATO: 23.04.2021
ORIGINAL FORMAT: A1 MÅLESTOKK: 1:1000

Plan og profil VEG10000
PO-P600

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VEG	C100	A00	



PROFIL NR.600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200																																																																													
HOR.KURV.	R=-300		R=∞		R=-220		R=∞																																																																																		
BREDDEUTV.	0,35m 0,35m		0,00m 0,00m		0,45m 0,45m																																																																																				
TVERRFALL	<p>H.kj.b.k. 0,0%</p> <p>V.kj.b.k. 8,0% 3,0% 3,0% 3,0% 3,0% 8,0% 8,0% 3,0% 3,0% 3,0%</p>																																																																																								
PROFIL H.	9,75	9,83	9,70	9,88	9,18	9,93	9,21	9,98	9,29	10,02	9,32	10,08	9,44	10,13	9,03	10,18	9,07	10,23	8,77	10,28	8,60	10,33	8,55	10,38	8,74	10,43	8,64	10,48	8,85	10,53	8,96	10,58	9,23	10,63	9,29	10,68	9,32	10,73	10,20	10,78	9,99	10,83	10,19	10,88	10,22	10,93	10,33	10,98	10,37	11,03	10,67	11,08	11,60	11,13	11,81	11,18	11,75	11,23	11,85	11,78	12,58	11,33	12,30	11,38	12,31	11,43	12,35	11,48	12,50	11,53	12,44	11,58	12,44	11,63	12,53	11,68	12,54	11,73	12,38	11,78	12,45	11,83	12,67	11,88	12,62	11,93	12,59	11,98	12,00
TERRENG H.																																																																																									
OVERBYGN.T.	88CM																																																																																								

MERKNADER

Tegnforklaring
Prosjektet

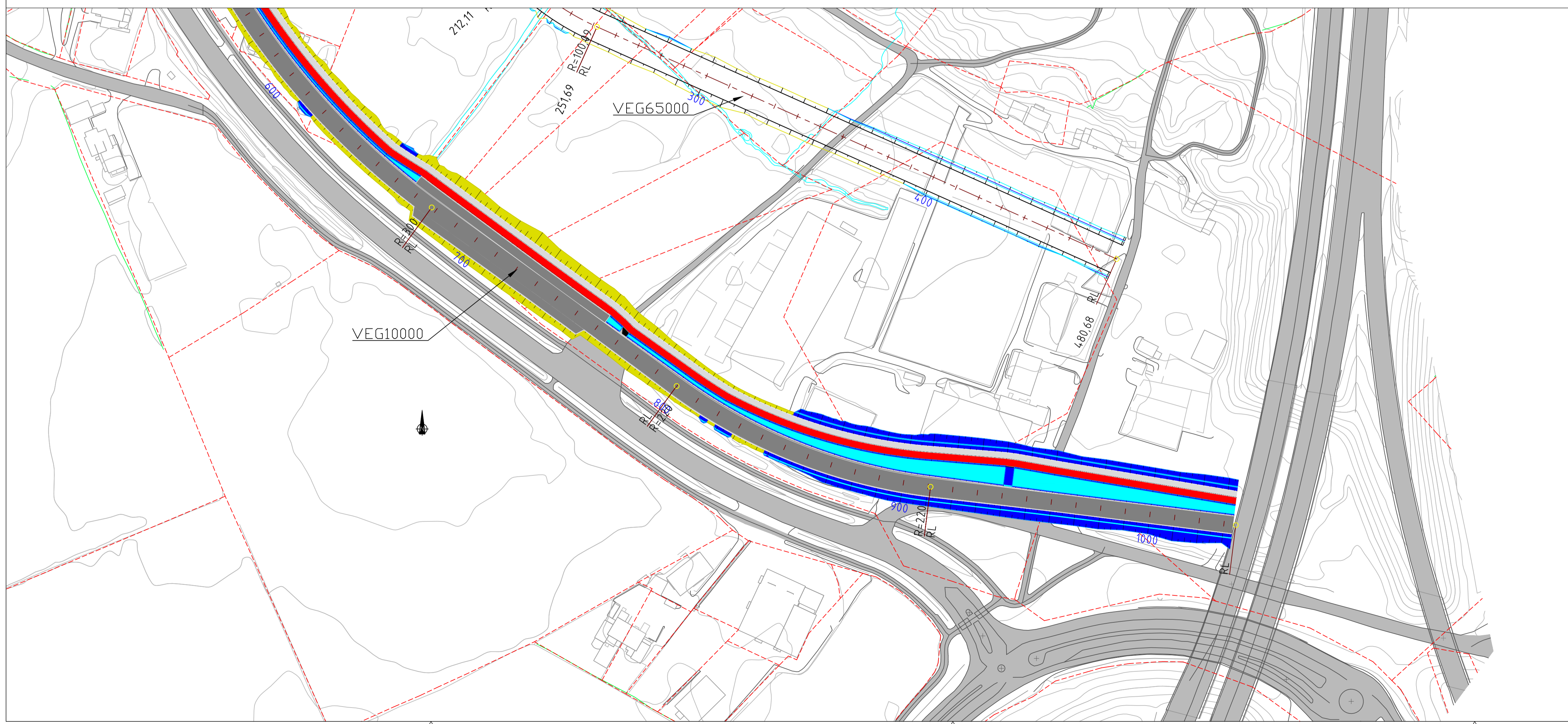
- Vegbane
- Skulder
- Fortau
- Sykkelfelt
- Torg
- Grøfteside
- Grøftebunn
- Fylling
- Skjæring

VEGXXXXX Henvisning til vegmodell

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høydereferansesystem: NN2000

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	---	00		----	A00
ENTREPRISE					



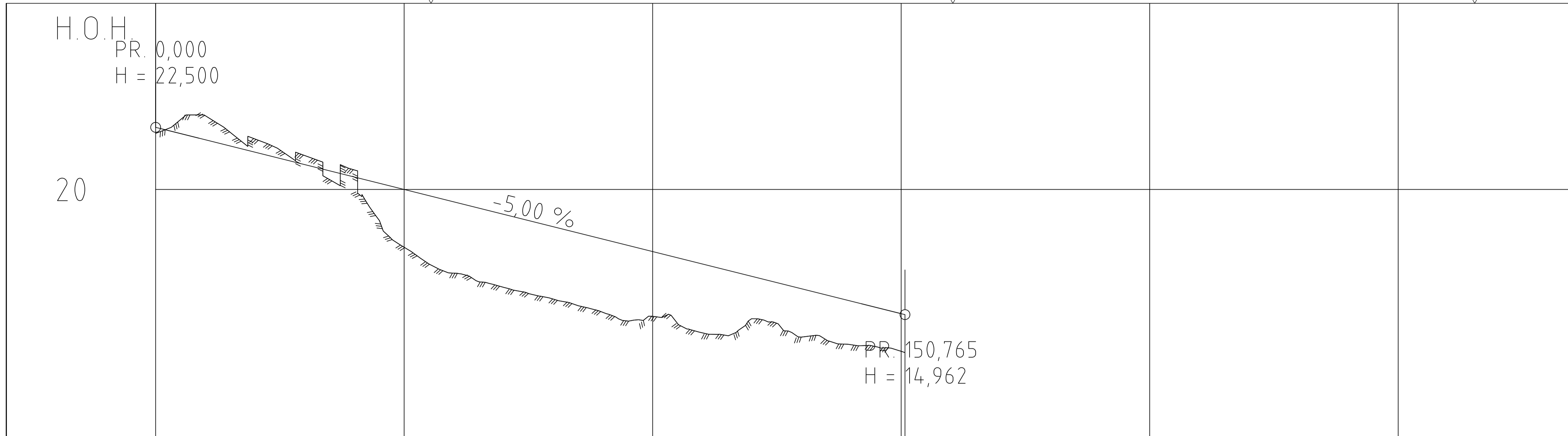
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	---	00		----	A00
ENTREPRISE					

A00	DD MM YYYY	ABC		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATE	RETTTELSEN GJELDER		DIS.LED	SAKS.BH	KONTR	GODKJ.

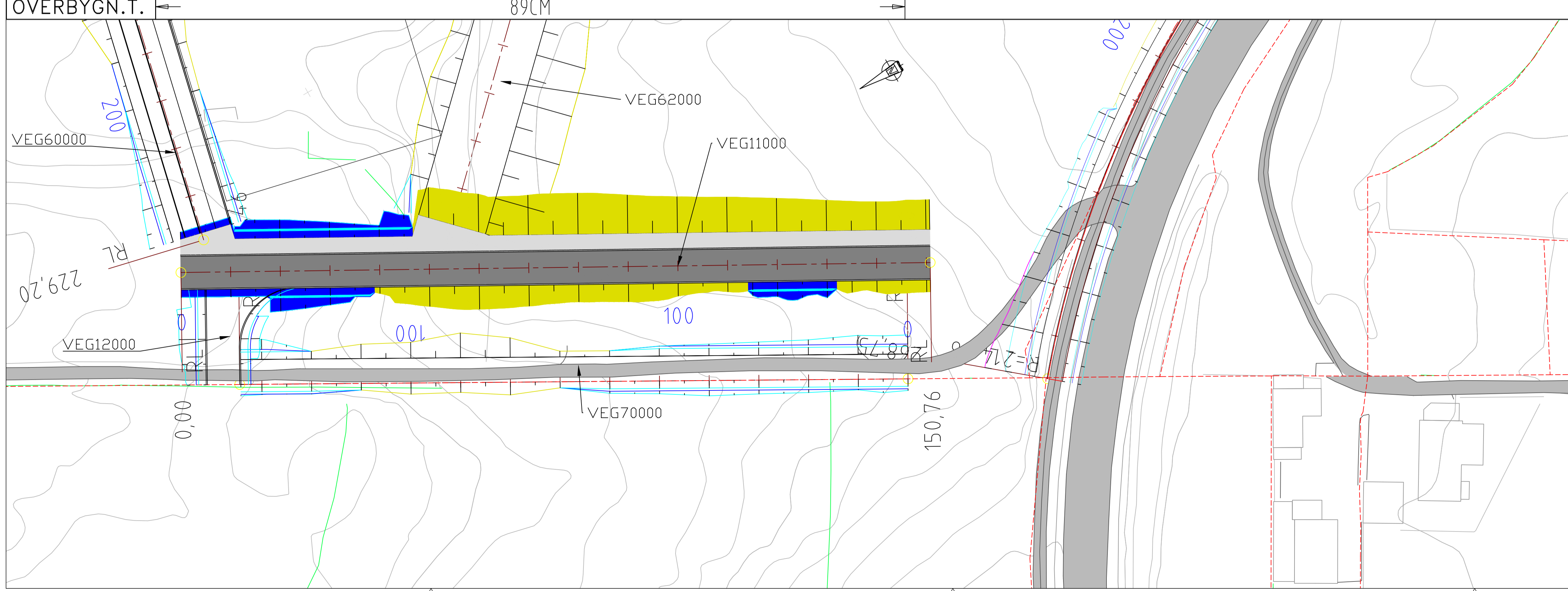
Tegnet av

Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN Bacheloroppgave	FASE Levering	OPPRETTET DATO 23.04.2021			
Plan og profil VEG10000 P600-P1033		ORIGINAL FORMAT: A1 MÅLESTOKK: 1:1000			
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VEG	C101	A00	



PROFIL NR.	0	50	100	150	200	250
HOR.KURV.	R = ∞					
BREDDEUTV.	-----					
TVERRFALL	-----					
H.kj.b.k.	3,0%					
V.kj.b.k.	-----					
PROFIL H.	22,50	22,00	21,50	21,00	20,50	20,00
TERRENG H.	22,26	22,97	22,03	21,37	20,78	17,68
OVERBYGN.T.	89CM					
	19,50	19,00	18,50	18,00	17,50	17,00
	16,63	16,06	15,59	15,05	14,89	14,23
	14,80	14,06	13,75	15,50	14,80	14,06
	13,48	14,98				



MERKNADER

Tegnforklaring
Prosjektort

- Vegbane
- Skulder
- Forfau
- Sykkelfelt
- Torg
- Grøfteside
- Grøftebunn
- Fylling
- Skjæring

VEGXXXXX Hensvisning til vegmodell

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høydereferansesystem: NN2000

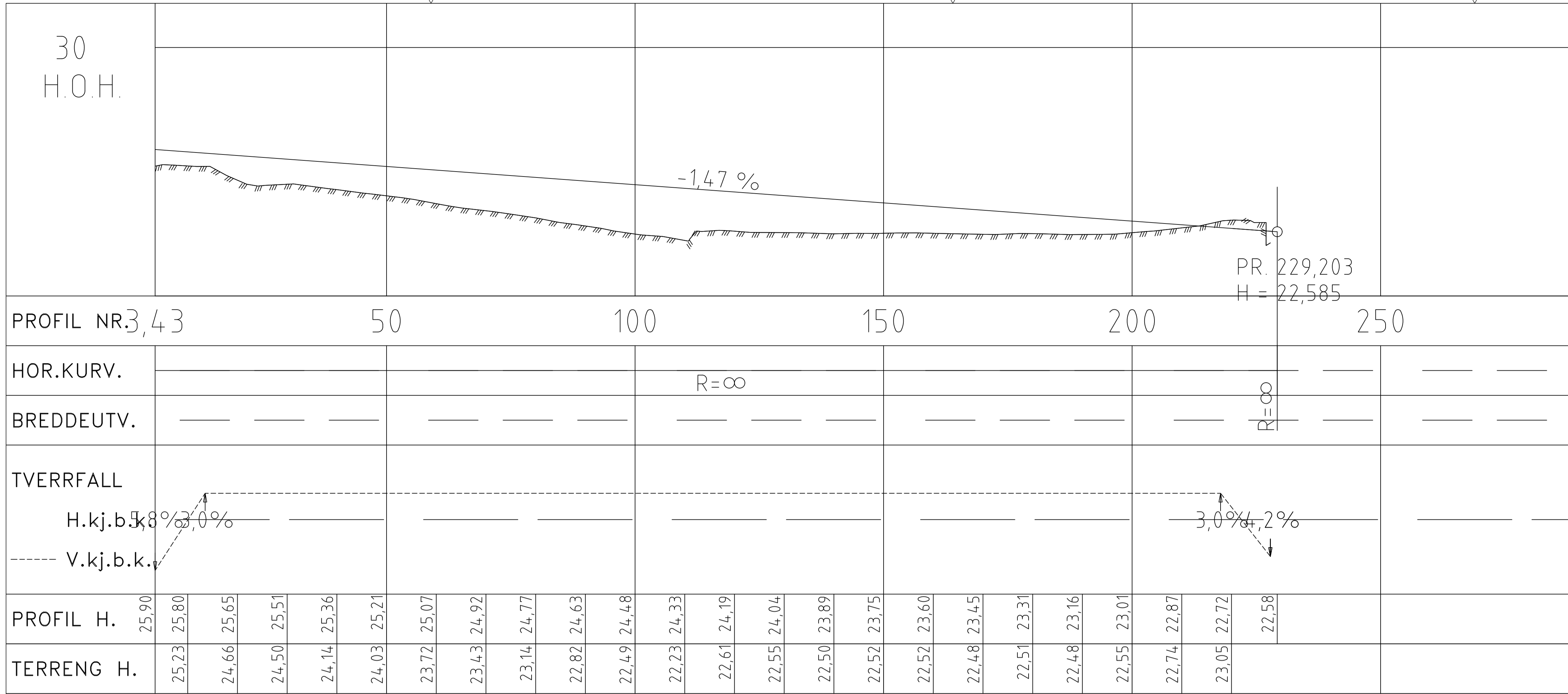
NUMMER	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00		----	A00
ENTREPRISE				

NO	DD MM YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATE	RETTTELSEN GJELDER	DIS.LED	SAKS.BH	KONTR	GODKJ.

Tegnet av

Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN Bacheloroppgave	FASE Levering	OPPRETTET DATO 23.04.2021		
Plan og profil VEG11000 P0-P150		ORIGINALFORMAT: A1 MALESTOKK: 1:500		
NUMMER BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VEG	C102	A00



MERKNADER

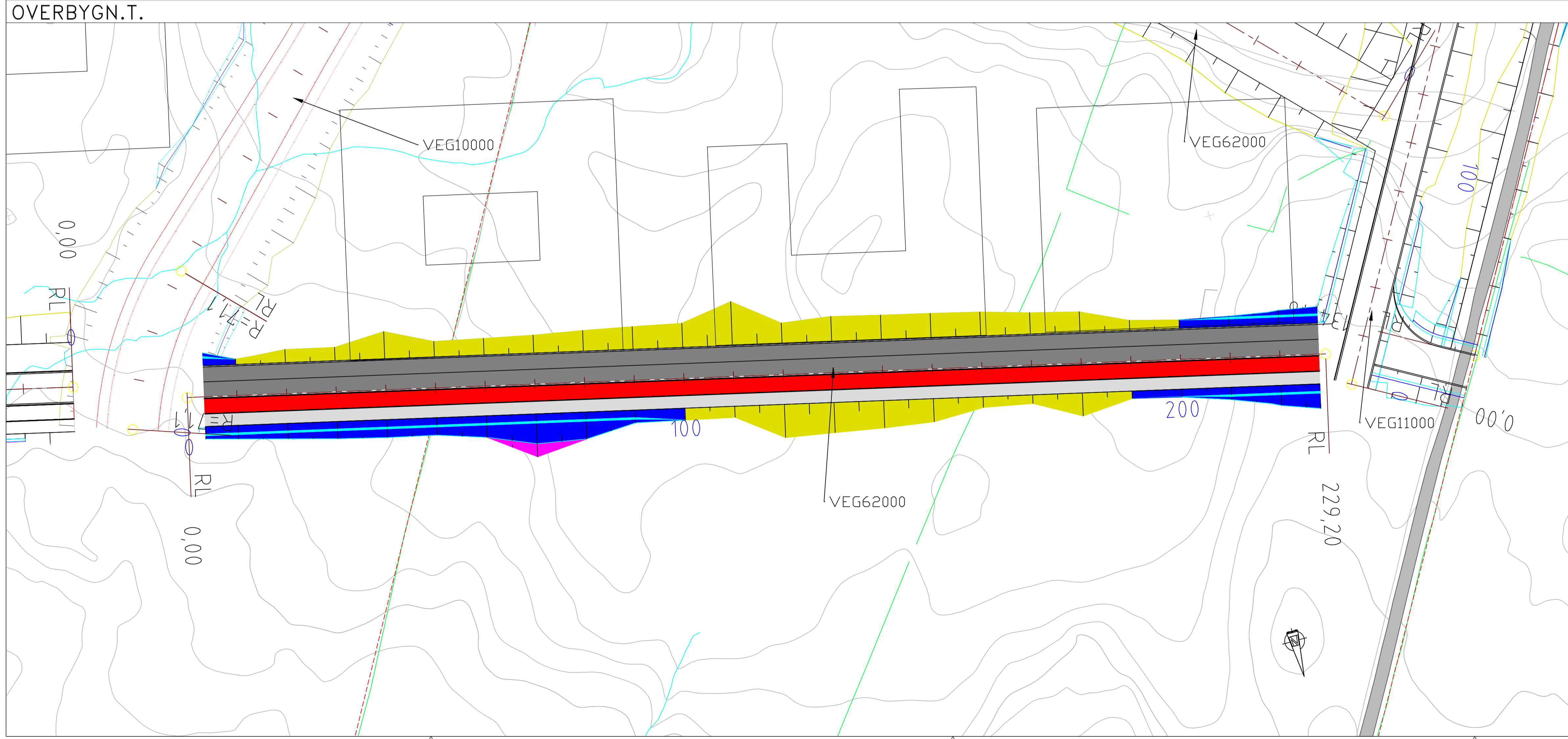
Tegnforklaring
Prosjektort

- Vegbane
- Skulder
- Fortau
- Sykkelfelt
- Torg
- Grøfteside
- Grøftebunn
- Fylling
- Skjæring

VEGXXXXX Henvisning til vegmodell

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høyde referansesystem: NN2000



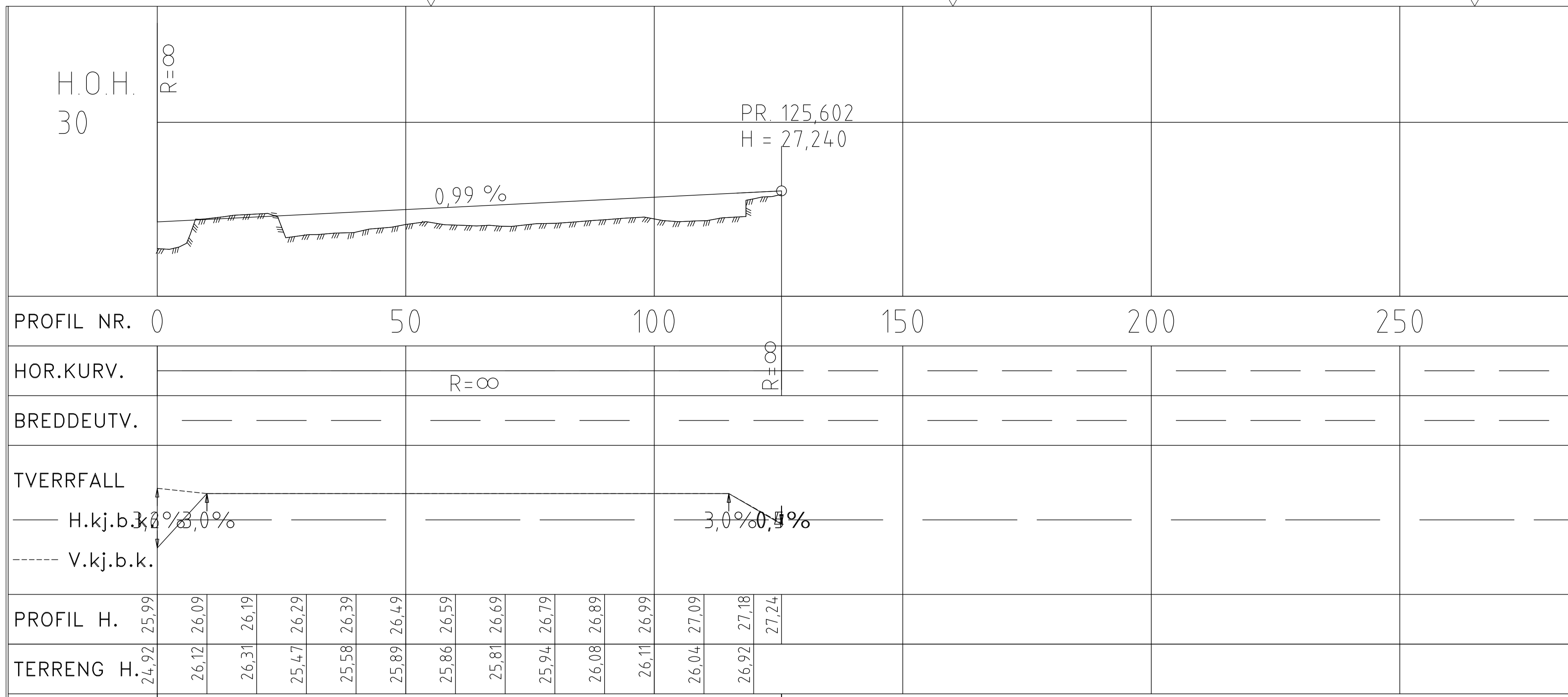
NUMMER				REV.
BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	
---	00		----	A00
ENTREPRISE				

A00	DD MM YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATE	RETTELSEN GJELDER	DIS.LED	SAKSBEH	KONTR	GODKJ.

Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN Bacheloroppgave	FASE Levering	OPPRETTET DATO 23.04.2021
Plan og profil VEG60000 P0-P228		ORIGINAL FORMAT: A1 MALESTOKK: 1:500

NUMMER				REV.
BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	
2021	00	VEG	C103	A00



MERKNADER

Tegnforklaring
Prosjektort

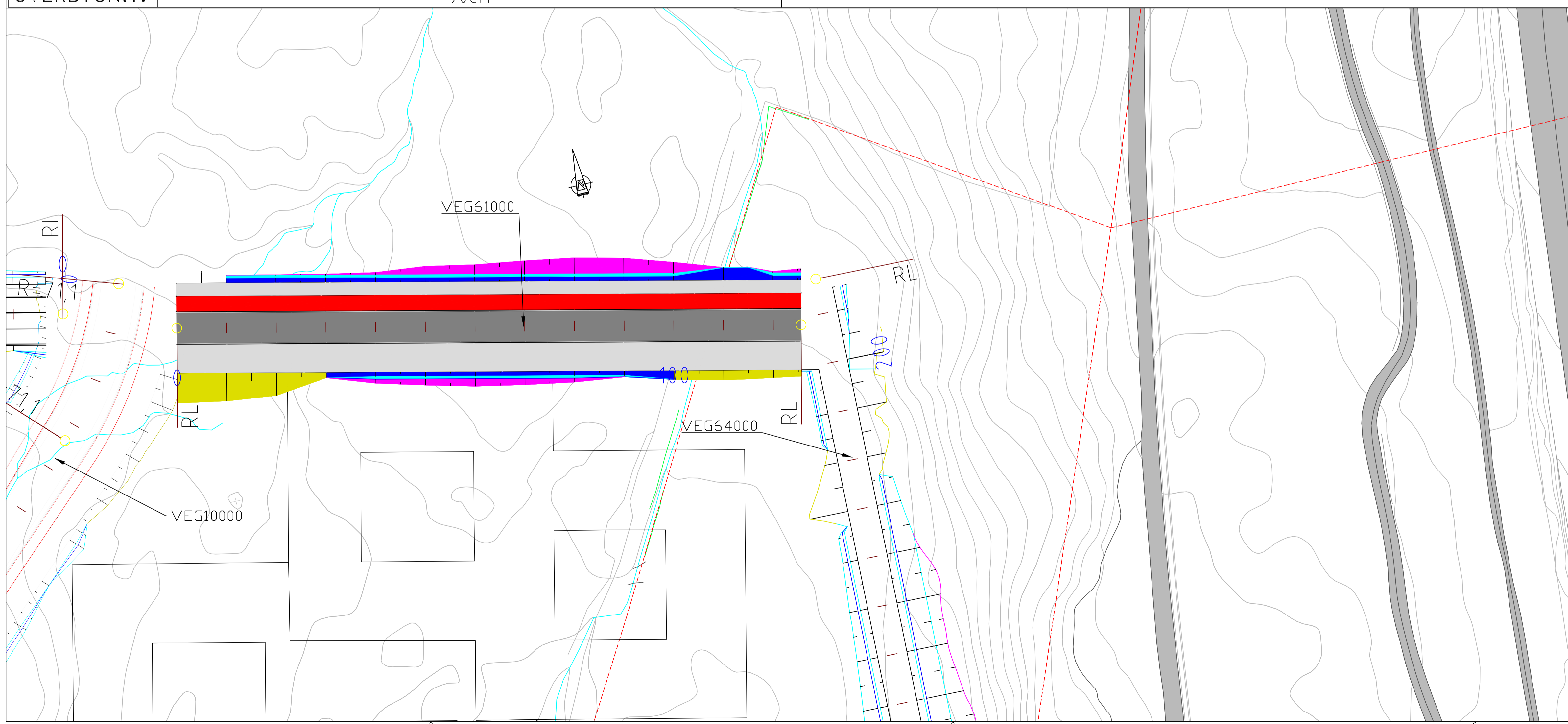
- Vegbane
- Skulder
- Fortau
- Sykkelfelt
- Torg
- Grøffeside
- Grøffebunn
- Fylling
- Skjæring

VEGXXXXX Hensvisning til vegmodell

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høydereferansesystem: NN2000

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG • BYGN.D.TAB	TYPE TEGN • LØPENUM	REV.
---	00			----	A00
ENTREPRISE					

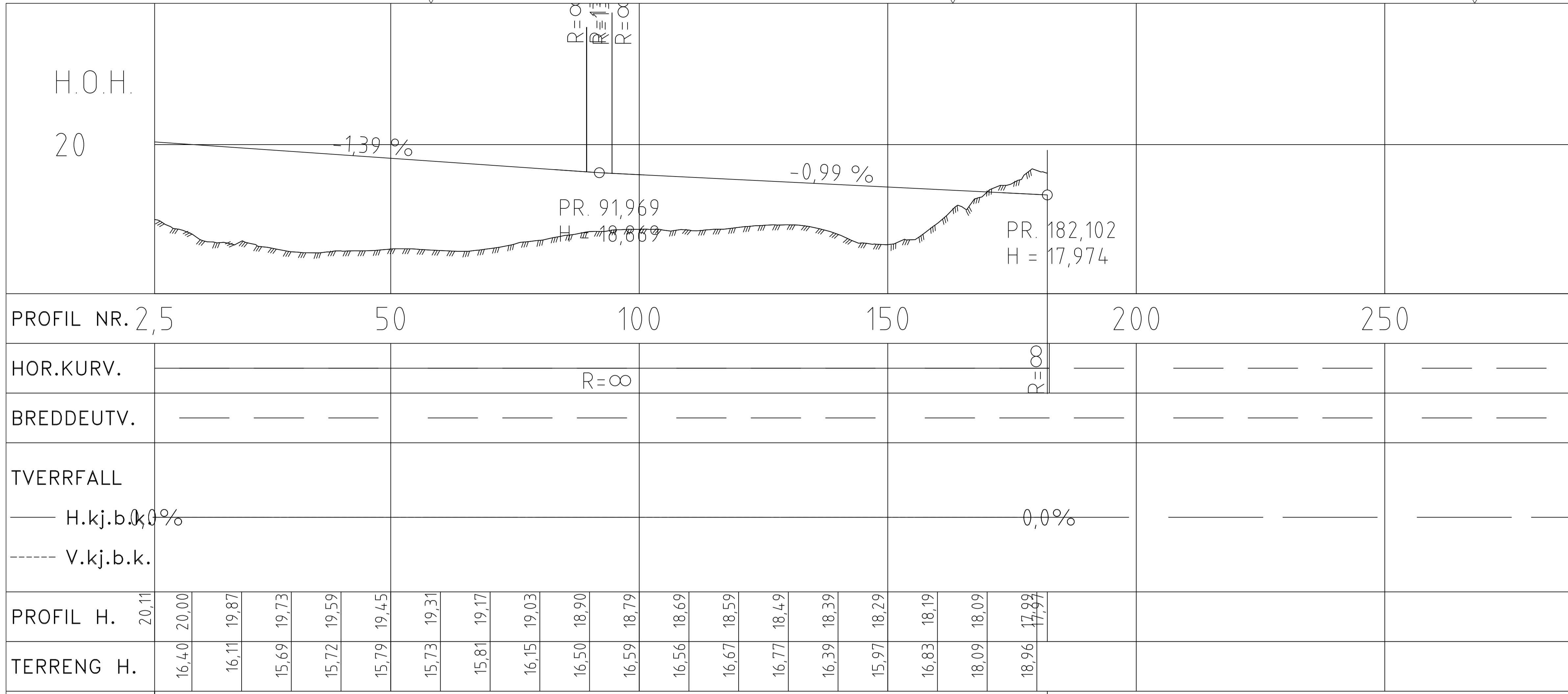


NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG • BYGN.D.TAB	TYPE TEGN • LØPENUM	REV.
---	00			----	A00
ENTREPRISE					
A00	DD.MM.YYYY	ABC		XXXX	XXXX
REV.	DATO	RETTTELSEN GJELDER		DIS.LED	SAKS.BH

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG • BYGN.D.TAB	TYPE TEGN • LØPENUM	REV.
2021	00	VEG	C104	A00	

Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN Bacheloroppgave	FASE Levering	OPPRETET DATO 23.04.2021
Plan og profil VEG61000 P0-P125		ORIGINAL FORMAT: A1 MALESTOKK: 1:500



MERKNADER

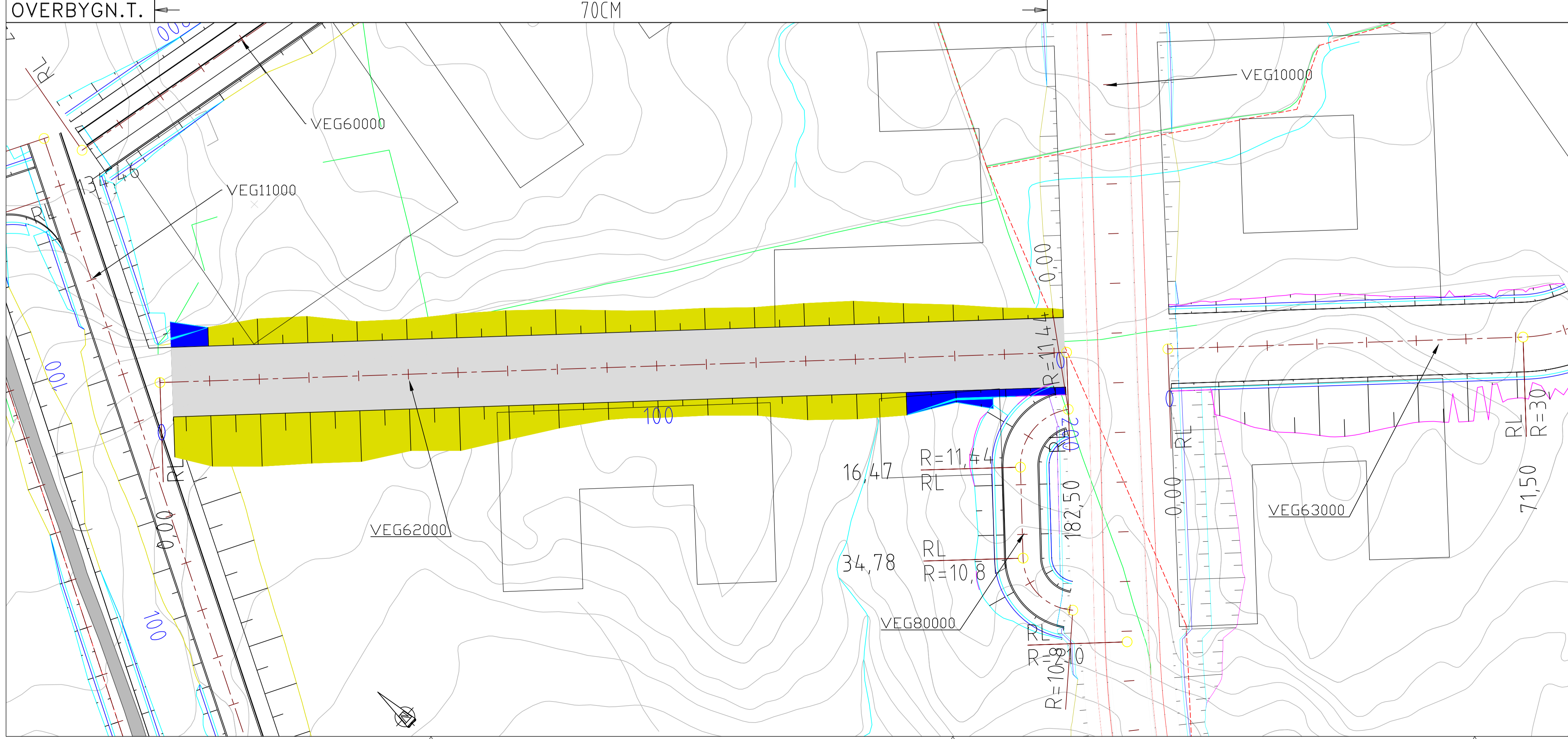
Tegnforklaring
Prosjektort

- Vegbane
- Skulder
- Fortau
- Sykkelfelt
- Torg
- Grøffeside
- Grøffebunn
- Fylling
- Skjæring

VEGXXXXX Henvising til vegmodell

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høydereferansesystem: NN2000



NUMMER		ETASJE		FAG • BYGN.D.TAB		TYPE TEGN • LØPENUM		REV.
---	00							A00
ENTREPRISE								

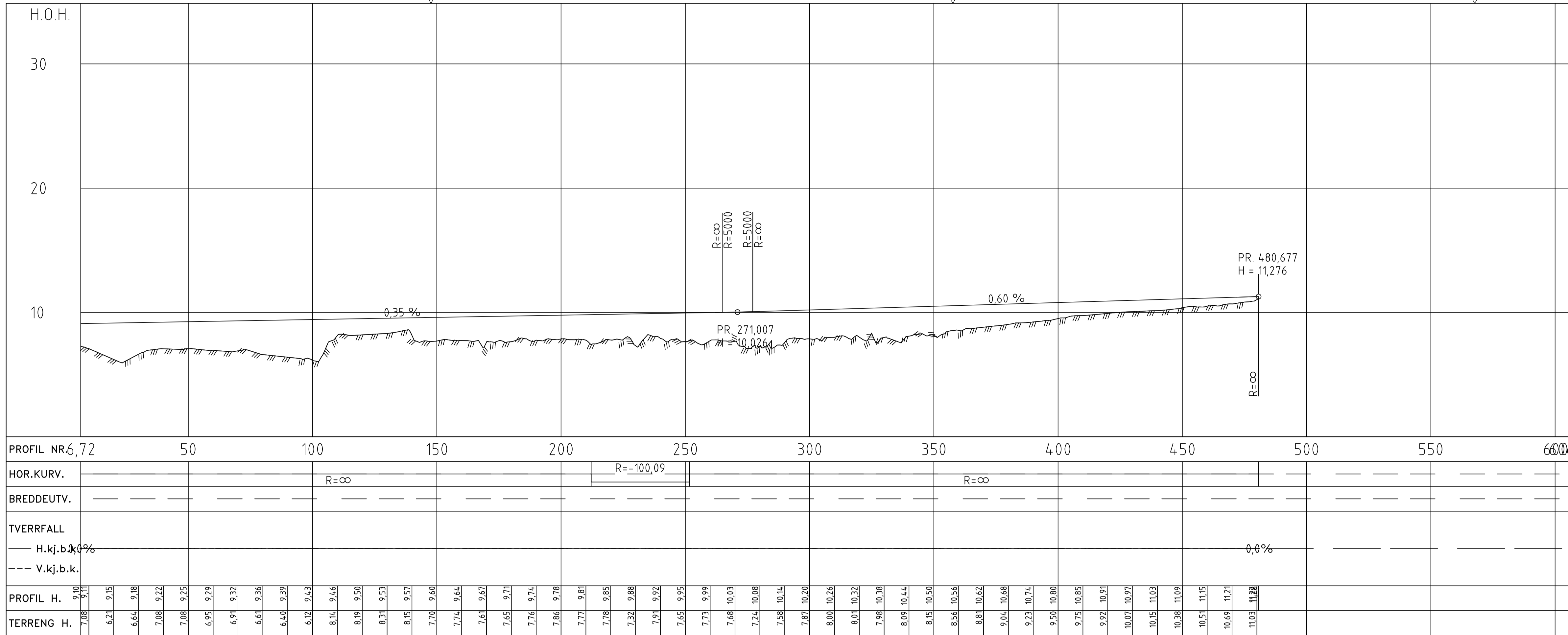
REV.	DD MM YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG • BYGN.D.TAB	TYPE TEGN • LØPENUM	REV.
2021	00	VEG	C105	A00	

Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN: Bacheloroppgave
FASE: Levering
OPPRETTET DATO: 23.04.2021
ORIGINALFORMAT: A1 MALESTOKK: 1:500

Plan og profil VEG62000
P0-P182



MERKNADER

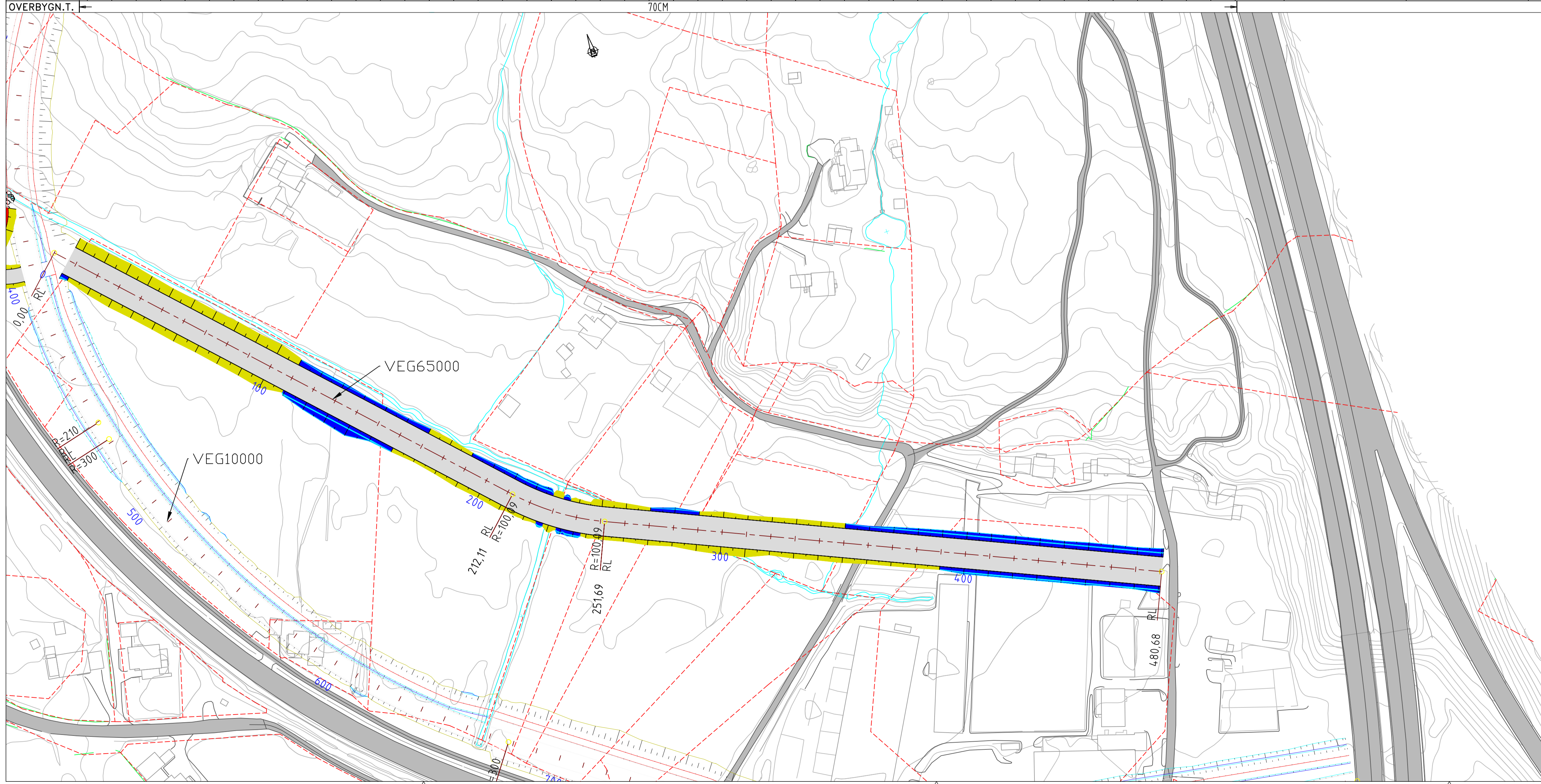
Tegnforklaring
Prosjektet

- Vegbane
- Skulder
- Fortau
- Sykkelfelt
- Torg
- Grøffeside
- Grøffebunn
- Fylling
- Skjæring

VEGXXXXX Henvisning til vegmodell

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høydereferansesystem: NN2000



NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00			----	A00

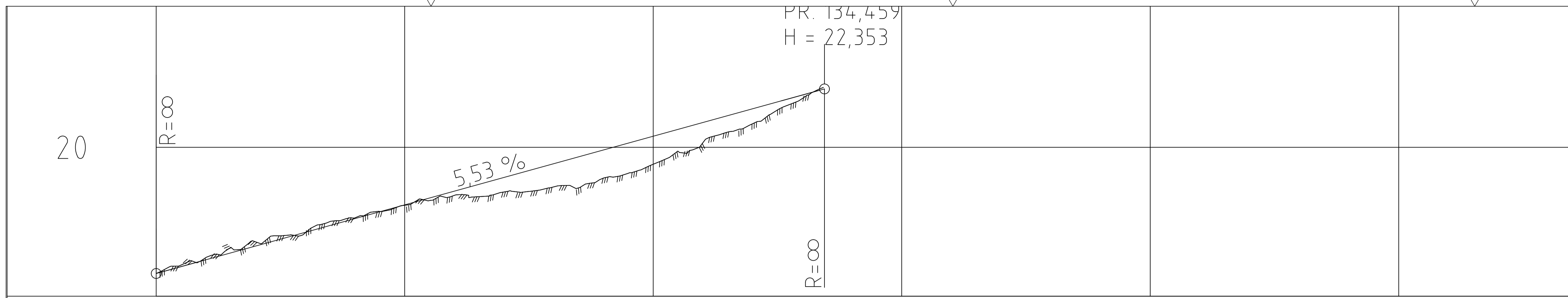
REV.	DD MM YYYY	ABC	RETTTELSEN GJELDER	DIS.LED	SAKS.BH	KONTR	GODKJ.
A00				XXXX	XXXX	XXXX	XXXX

Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN: Bacheloroppgave
FASE: Levering
OPPRETTET DATO: 23.04.2021
ORIGINAL FORMAT: A1 MÅLESTOKK: 1:1000

Plan og profil VEG65000
P0-P480

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VEG	C108	A00	



PROFIL NR.	PR. 0,000 H = 14,915	50	100	150	200	250									
HOR.KURV.		R=∞													
BREDDEUTV.															
TVERRFALL	H.kj.b.k. 0,0%	0,0%													
	V.kj.b.k.														
PROFIL H.	14,92	15,56	16,02	16,57	17,13	17,68	18,23	18,79	19,34	19,89	20,45	21,00	21,55	22,11	22,35
TERRENG H.	14,92	15,56	16,19	16,55	17,16	17,67	18,06	18,20	18,41	18,76	19,32	20,19	20,95	21,97	22,35
OVERBYGN.T.		90CM													

MERKNADER

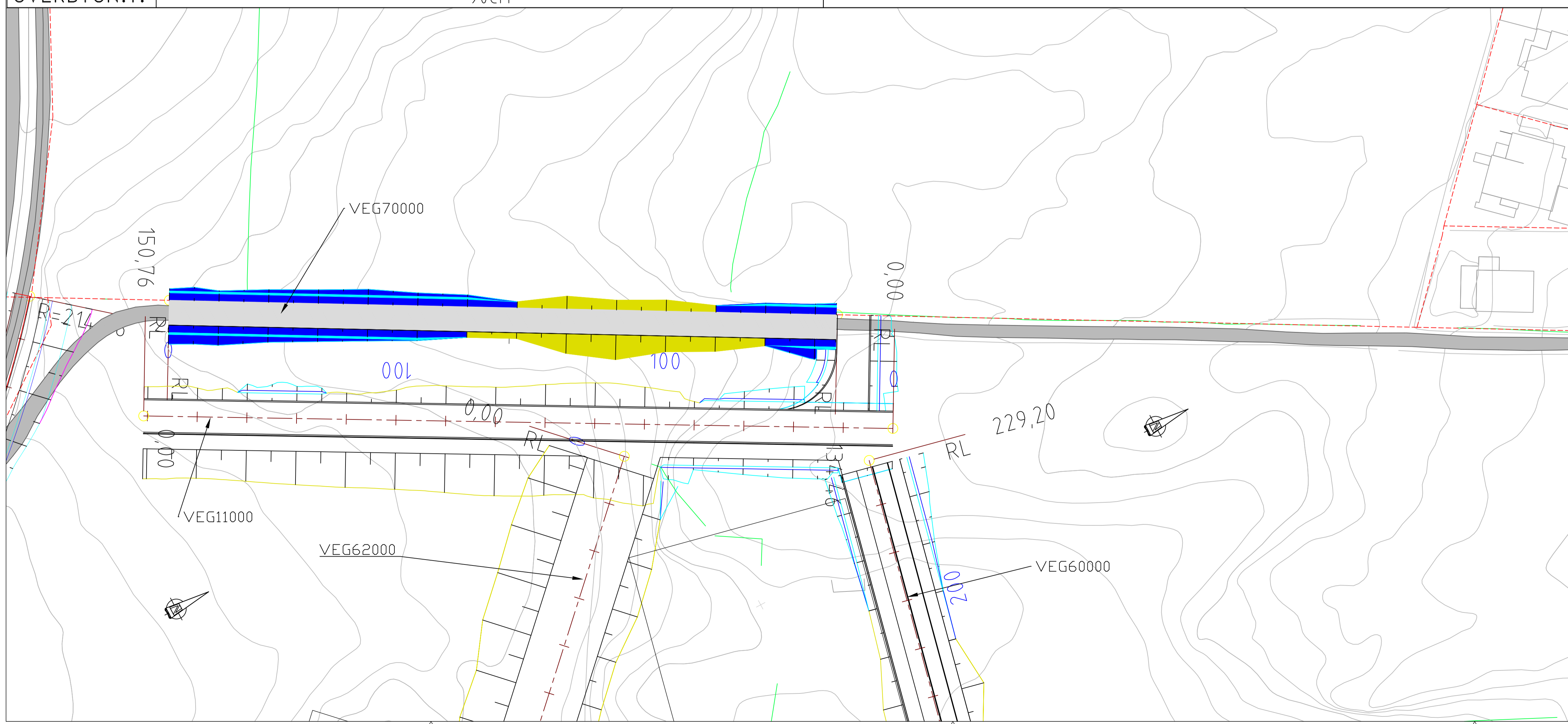
Tegnforklaring
Prosjekttert

- Vegbane
- Skulder
- Fortau
- Sykkelfelt
- Torg
- Grøfteside
- Grøftebunn
- Fylling
- Skjøring

VEGXXXXX → Henvisning til vegmodell

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høydereferansesystem: NN2000



NUMMER		ETASJE		FAG • BYGN.D.TAB		TYPE TEGN • LØPENUM		REV.
---	00					----		A00
ENTREPRISE								
A00	DD.MM.YYYY	ABC				XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATO	RETTELSEN GJELDER				DIS. LED.	SAKS. BH.	KONTR.

Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAVN Bacheloroppgave	FASE Levering	OPPRETET DATO 23.04.2021		
Plan og profil VEG70000 P0-P134		ORIGINAL FORMAT: A1 MALESTOKK: 1:500		
NUMMER BYGGKODE	ETASJE	FAG • BYGN.D.TAB	TYPE TEGN • LØPENUM	REV.
2021	00	VEG	C109	A00

20							
PROFIL NR. 1,5	PR = 50,453 H = 15,771	100	150	200	250		
HOR.KURV.	R = -11,436 R = ∞ R = -10,8						
BREDDEUTV.							
TVERRFALL	H.kj.b.k. 3,0% V.kj.b.k. 3,0% 3,5%						
PROFIL H.	17,47 17,18 16,83 16,48 16,13 15,79						
TERRENG H.	19,34 19,33 17,88 17,03						
OVERBYGN.T.	89CM						

MERKNADER

Tegnforklaring
Prosjektort

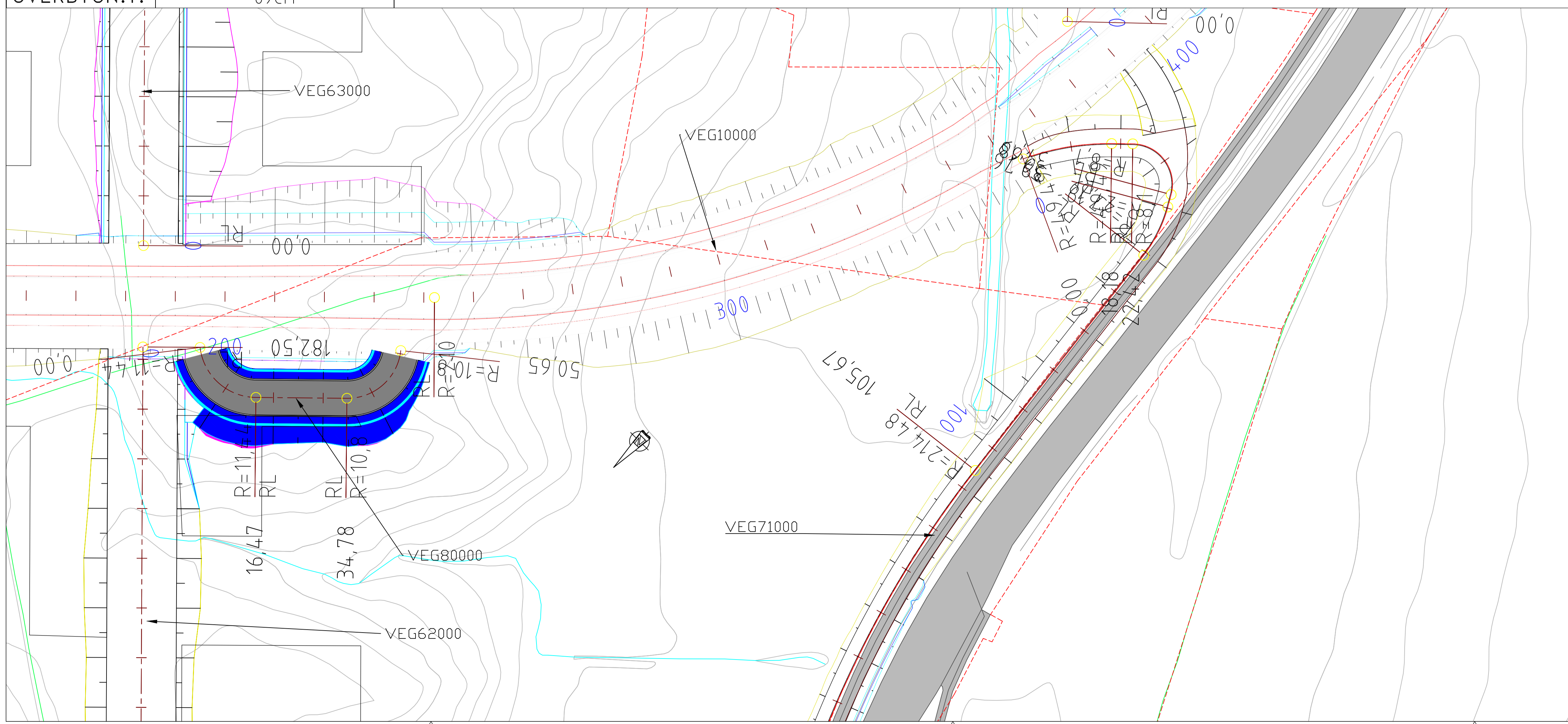
- Vegbane
- Skulder
- Fortau
- Sykkelfelt
- Torg
- Grøfteside
- Grøftebunn
- Fylling
- Skjæring

VEGXXXXX Henvisning til vegmodell

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høydereferansesystem: NN2000

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	---	00	---	---	A00
ENTREPRISE					

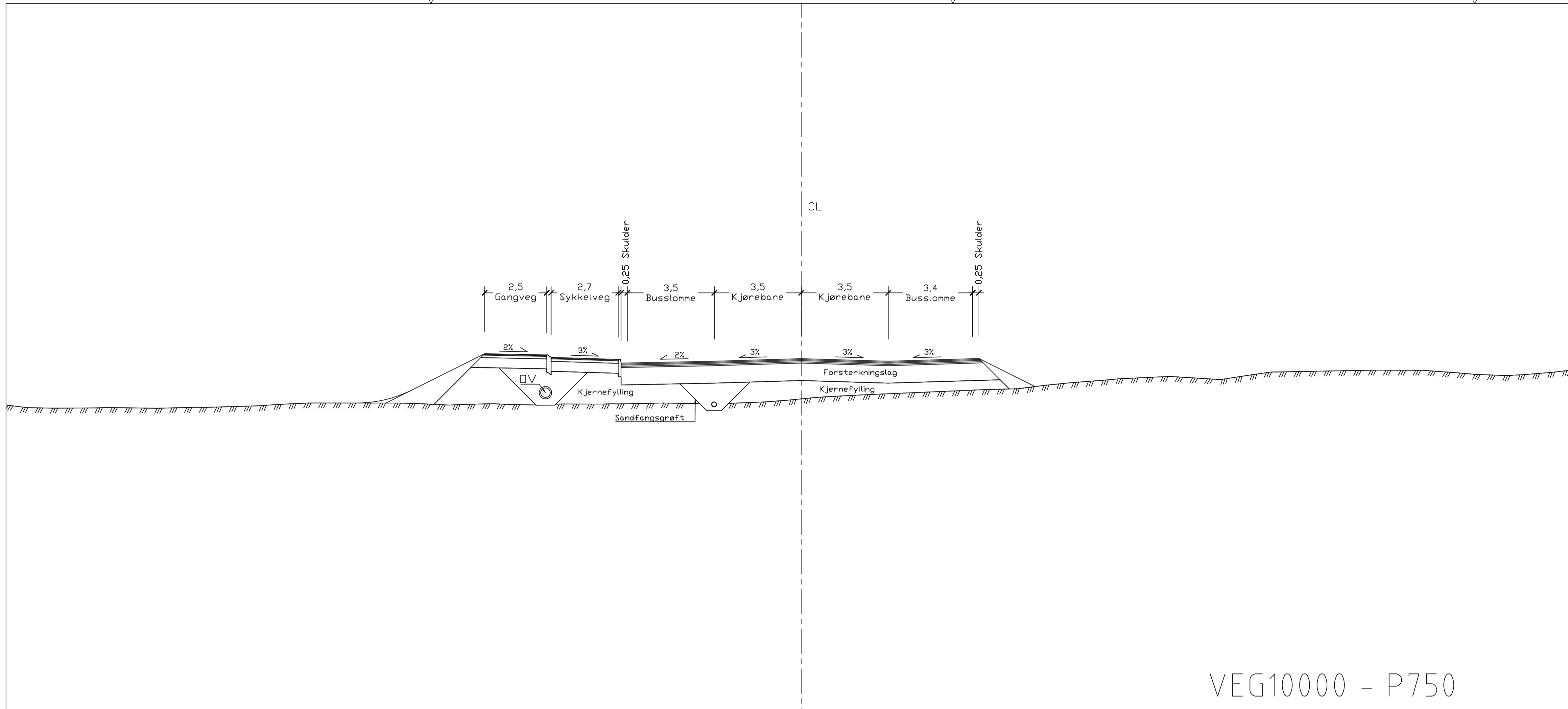


NO	DD.MM.YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATE	RETTTELSEN GJELDER	DIS.LED	SAKS.BH	KONTR	GODKJ.

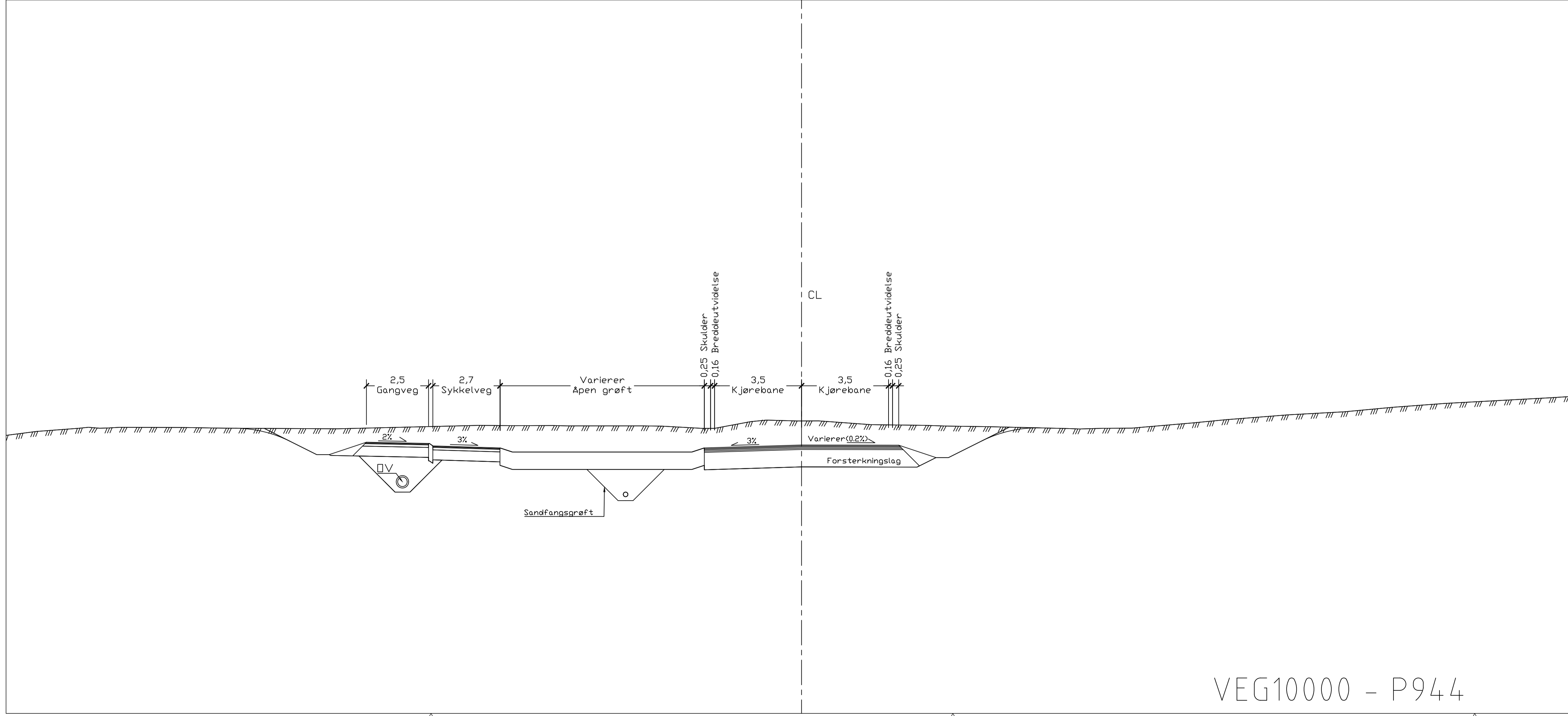
Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN Bacheloroppgave	FASE Levering	OPPRETTET DATO 23.04.2021
ORIGINAL FORMAT: A1		MALESTOKK: 1:500
VEG80000: Plan og profil P11-P50		

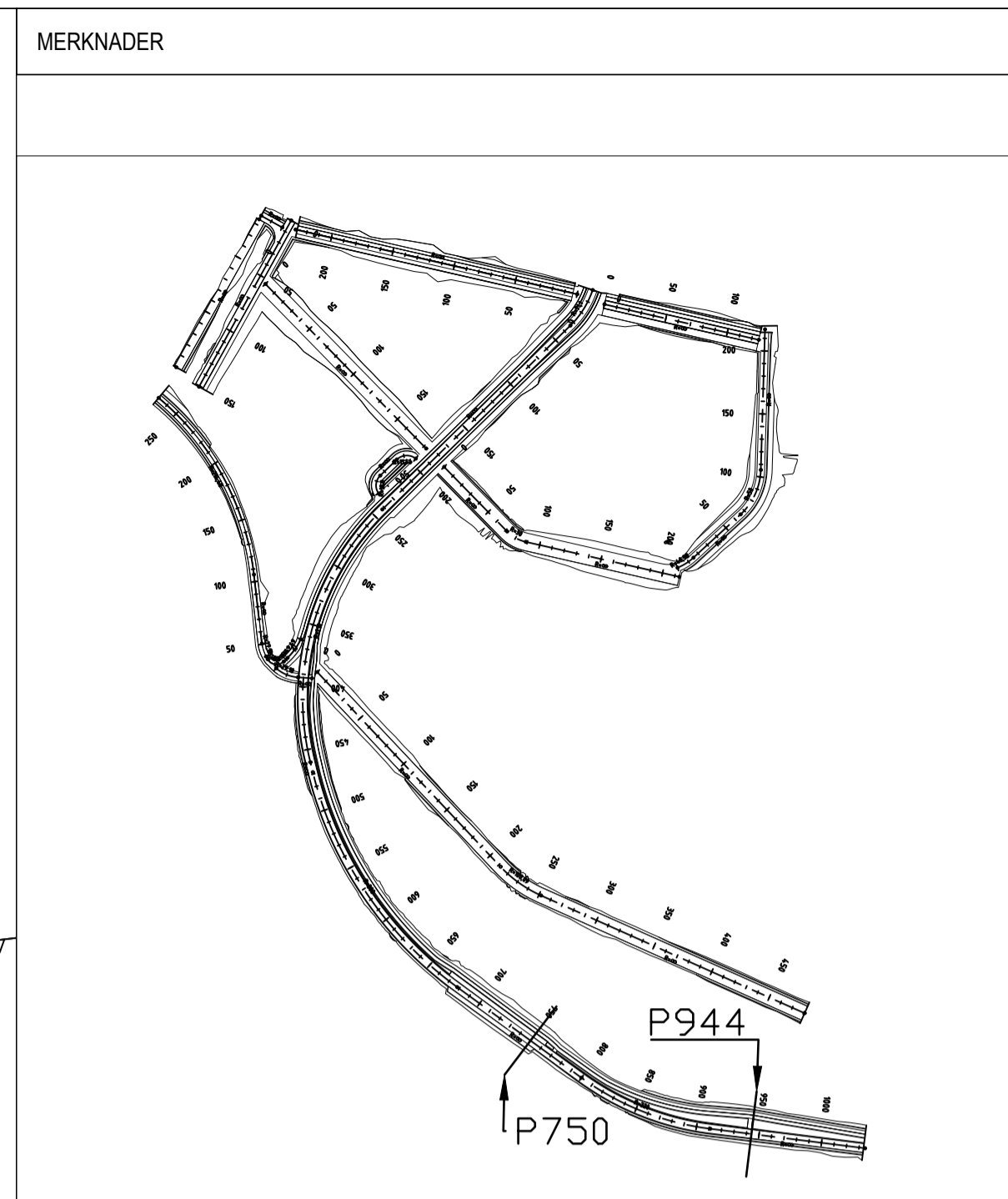
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VEG	C111	A00	



VEG10000 - P750



VEG10000 - P944



HENVISNINGER

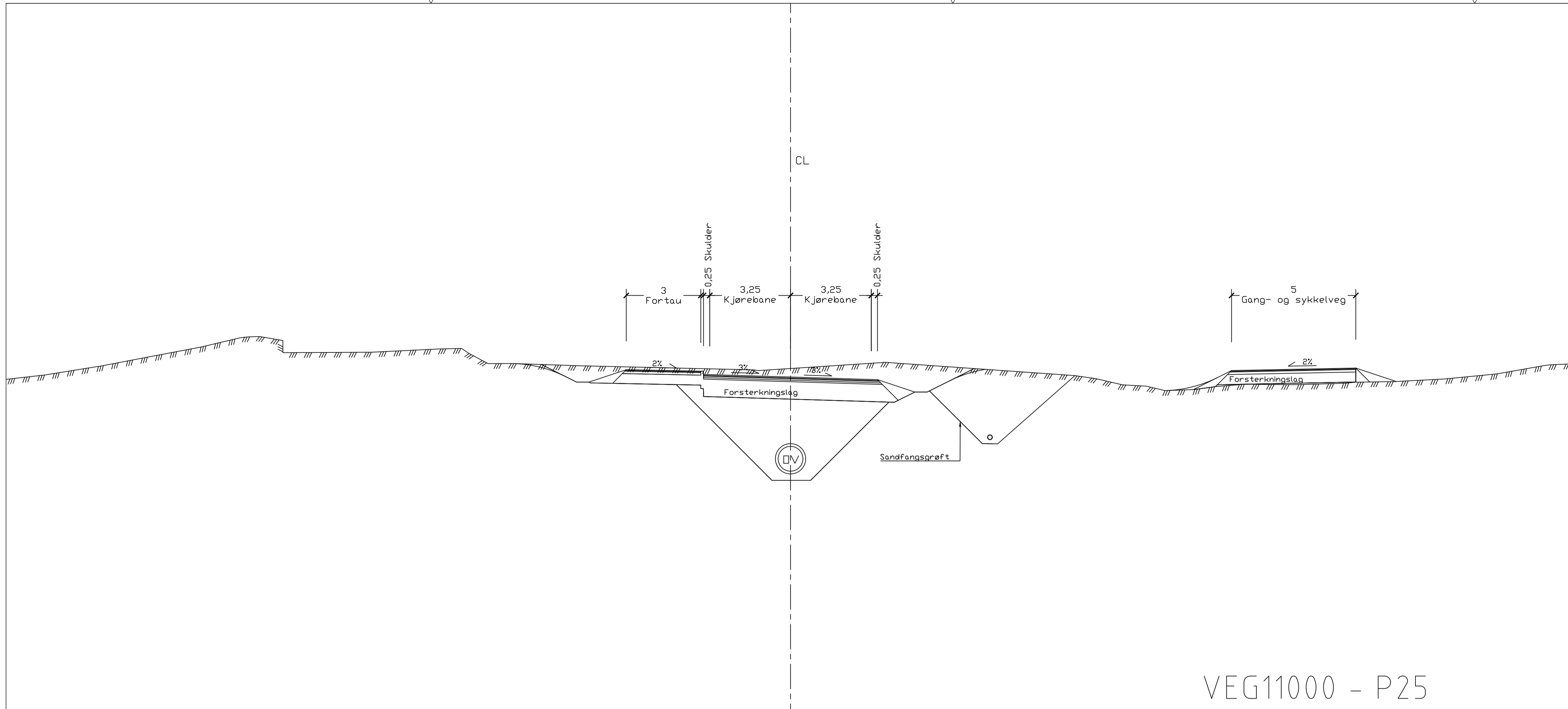
Koordinatsystem: NTN Sone 5
 Høydereferansesystem: NN2000

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00			----	A00
ENTREPRISE					

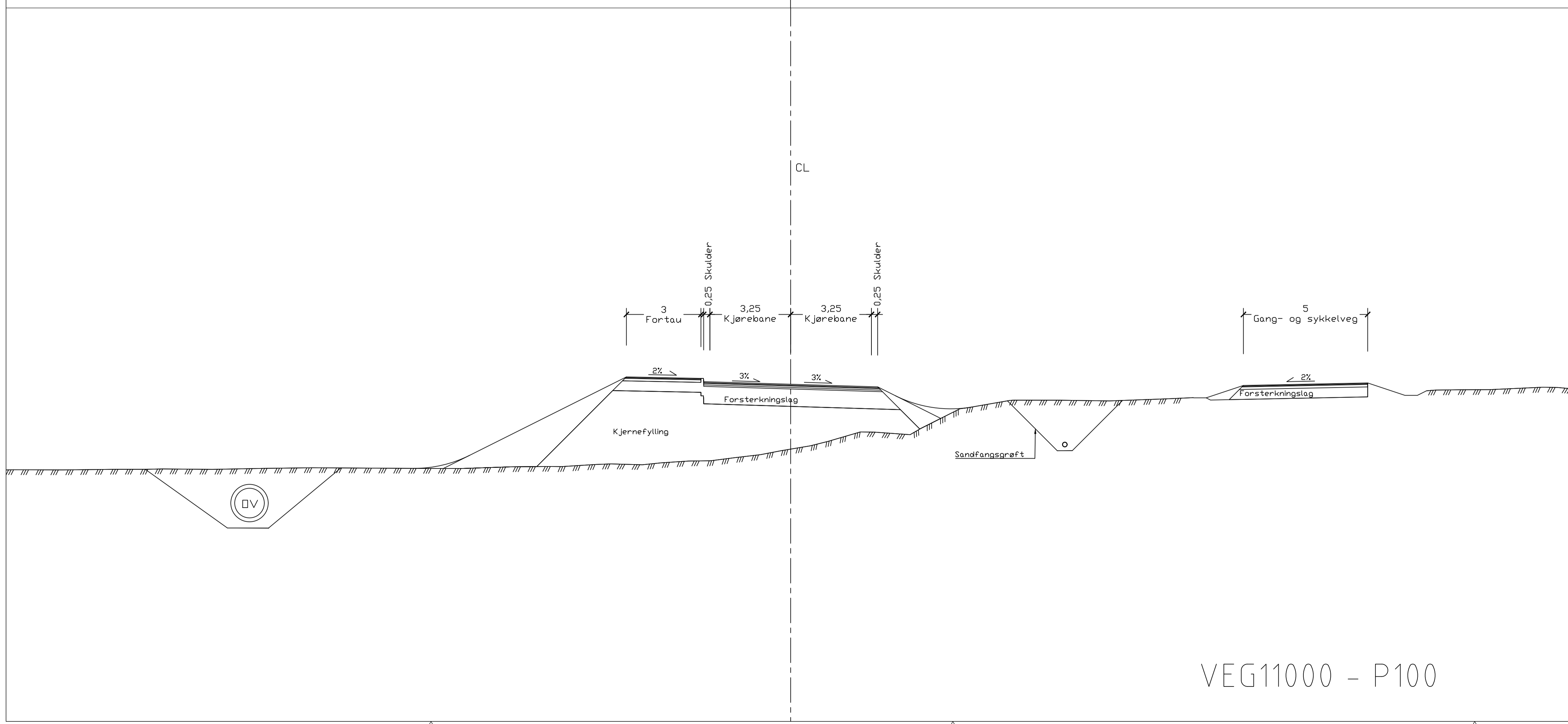
NO	DD	MM	YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATA	RETTELSEN GJELDER			DIS.LED	SAKS.BH	KONTR	GODKJ.

Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN Bacheloppagave	FASE Levering	OPPRETTET DATO 23.04.2021
ORIGINAL FORMAT: A1		MALESTOKK: 1:100
NORMALPROFIL VEG10000 P750 og P944		
NUMMER 2021	BYGGKODE 00	FAG - BYGN.D.TAB VEG
ETASJE 00	TYPE TEGN - LØPENUM F102	REV. A00

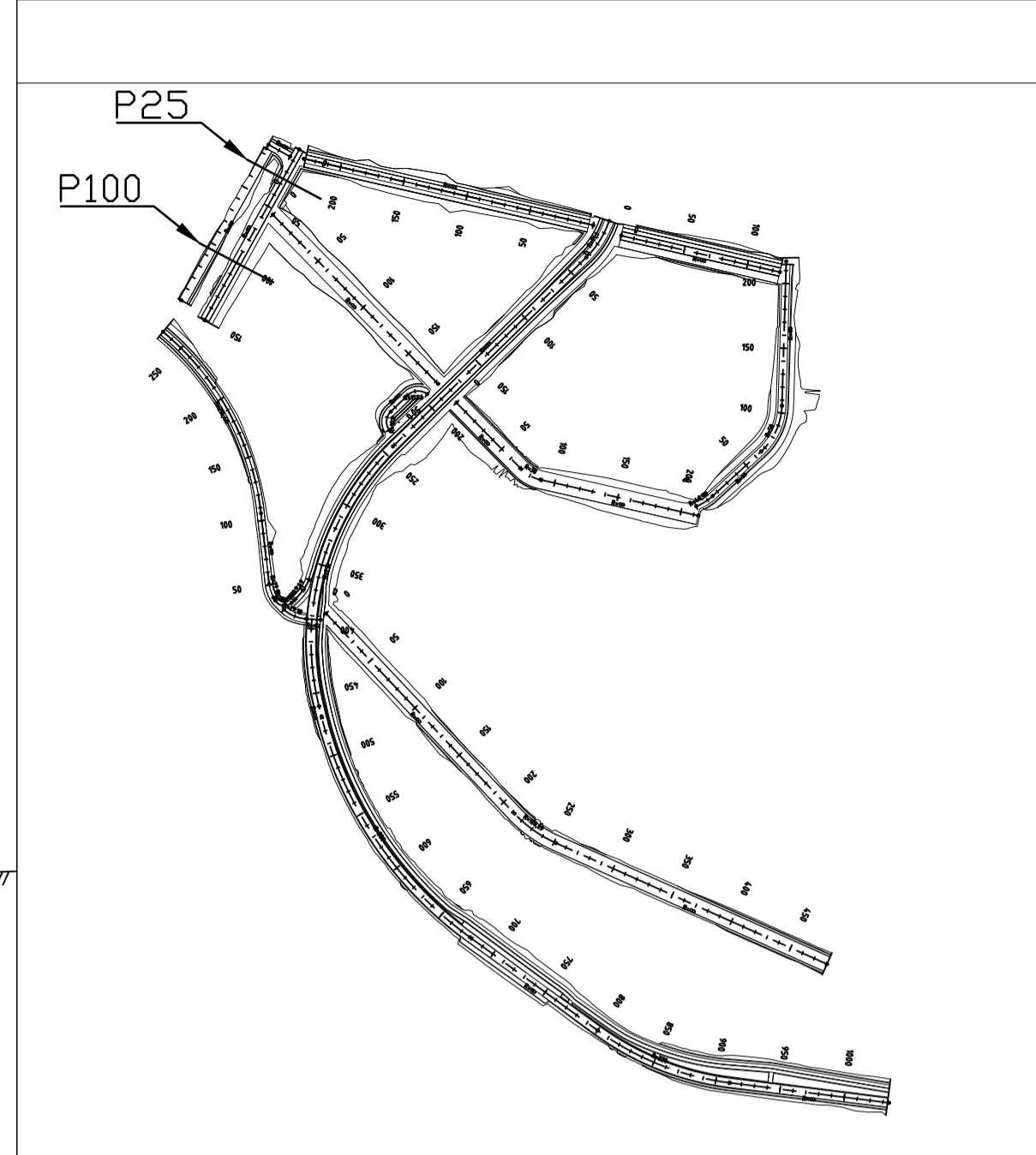


VEG11000 - P25



VEG11000 - P100

MERKNADER



HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
 Høydereferansesystem: NN2000

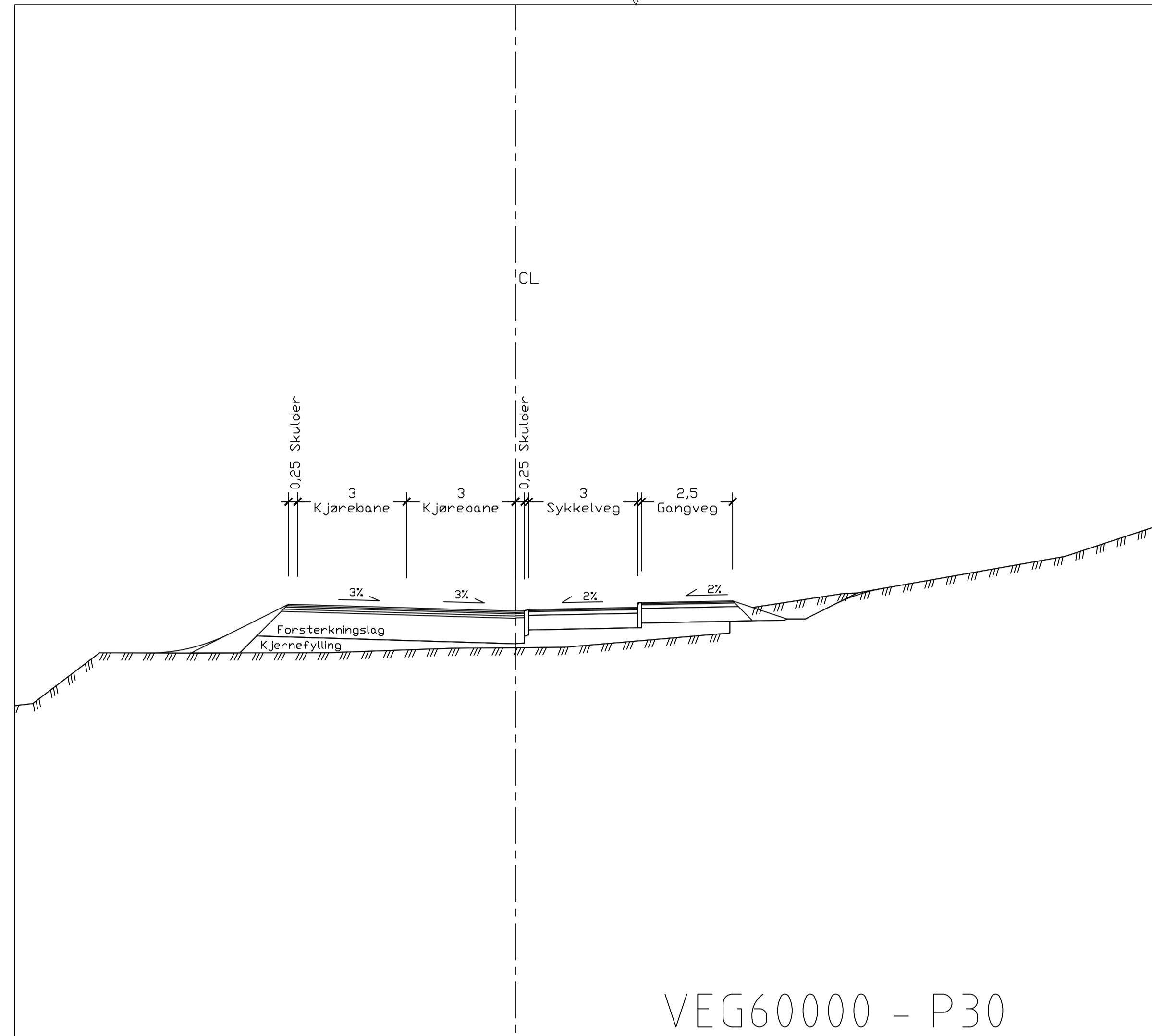
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00			----	A00
ENTREPRISE					

NO	DD	MM	YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATO	RETTELSEN GJELDER			DIS.LED	SAKS.BH	KONTR	GODKJ.

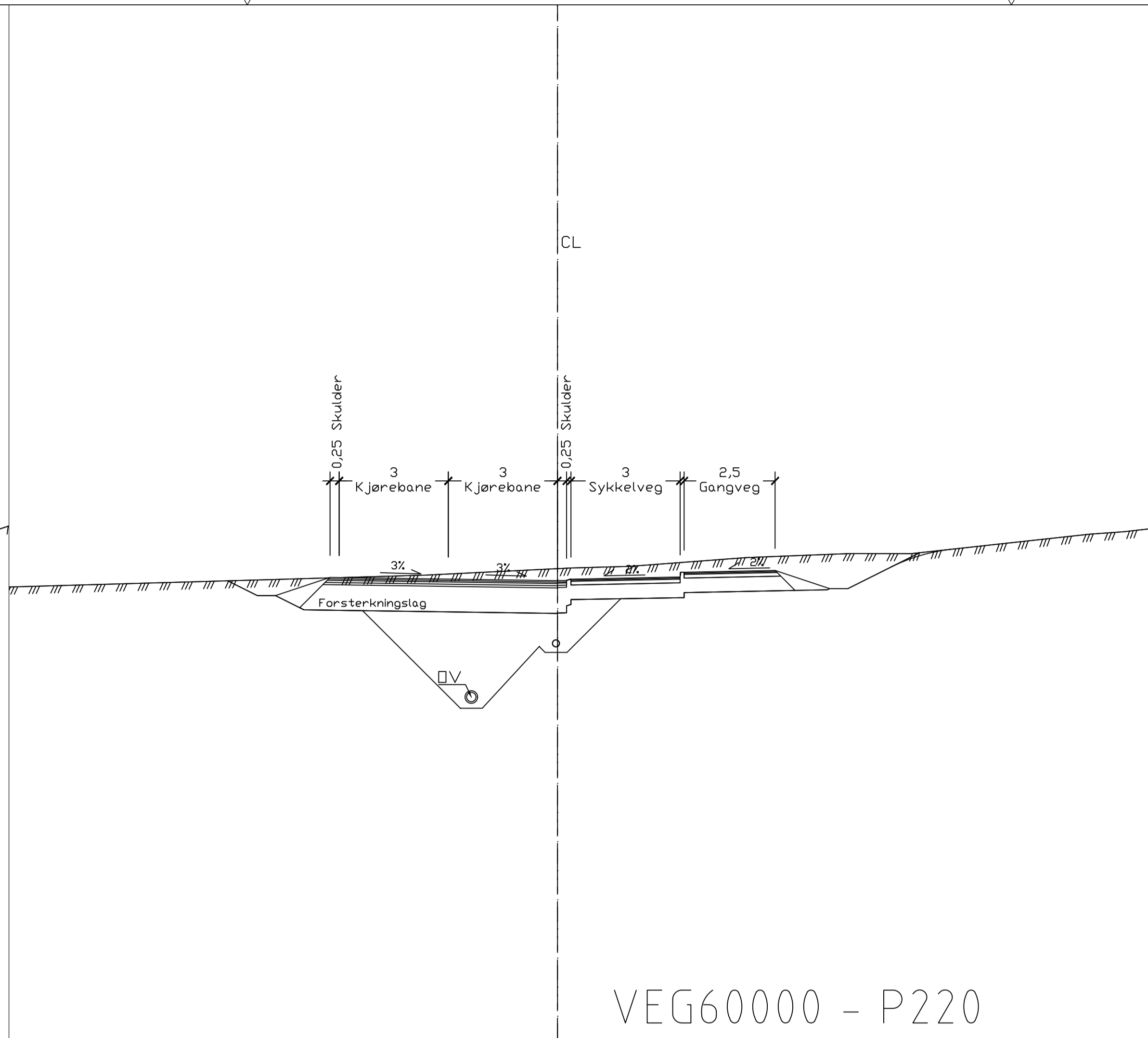
NO	DD	MM	YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATO	RETTELSEN GJELDER			DIS.LED	SAKS.BH	KONTR	GODKJ.

Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

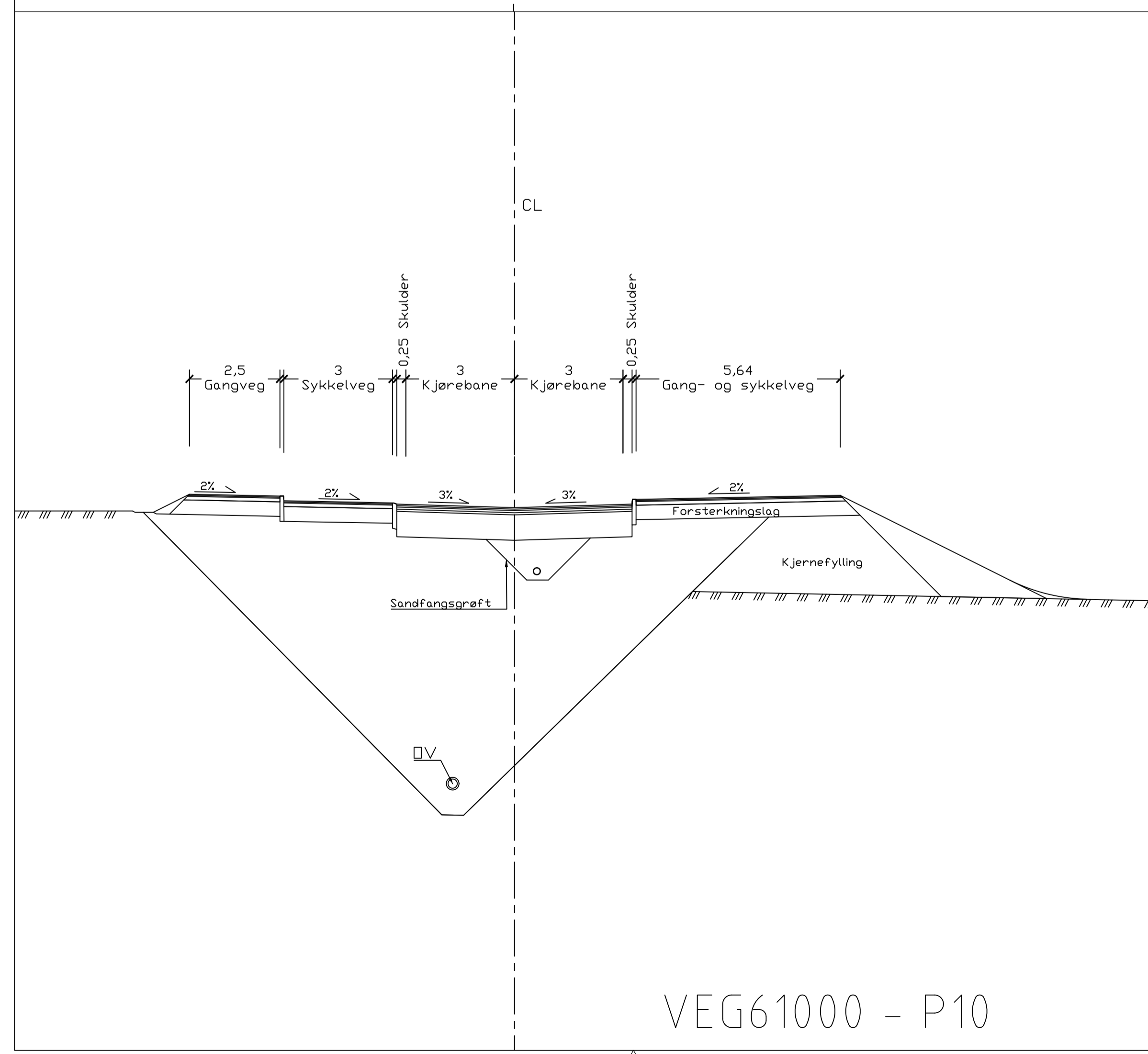
PROSJEKTNAMN	FASE	OPPRETTET DATO			
Bacheloroppgave	Levering	23.04.2021			
ORIGINAL FORMAT: A1		MALESTOKK: 1:100			
NORMALPROFIL VEG11000 P25 og P100					
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VEG	F103	A00	



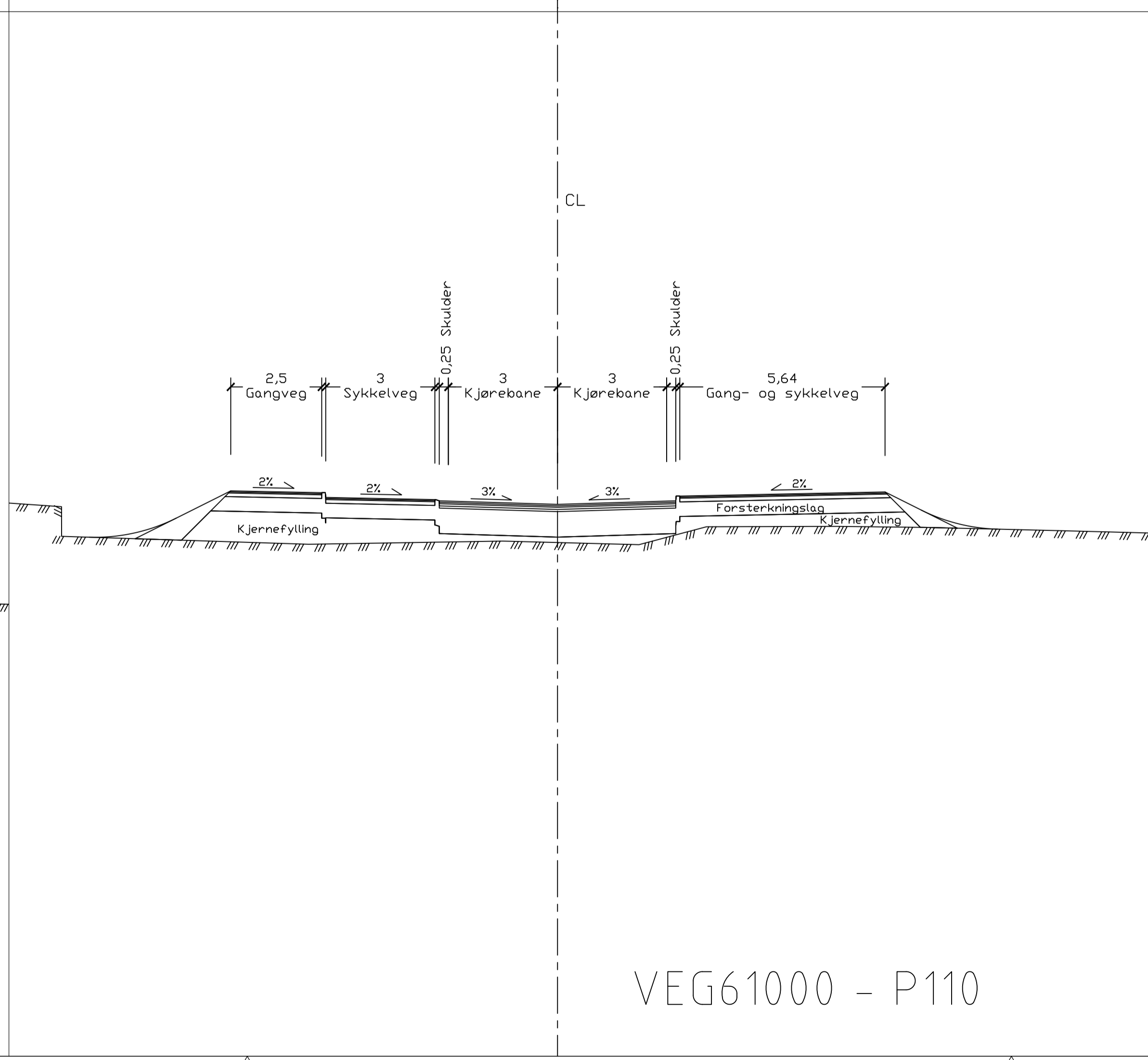
VEG60000 - P30



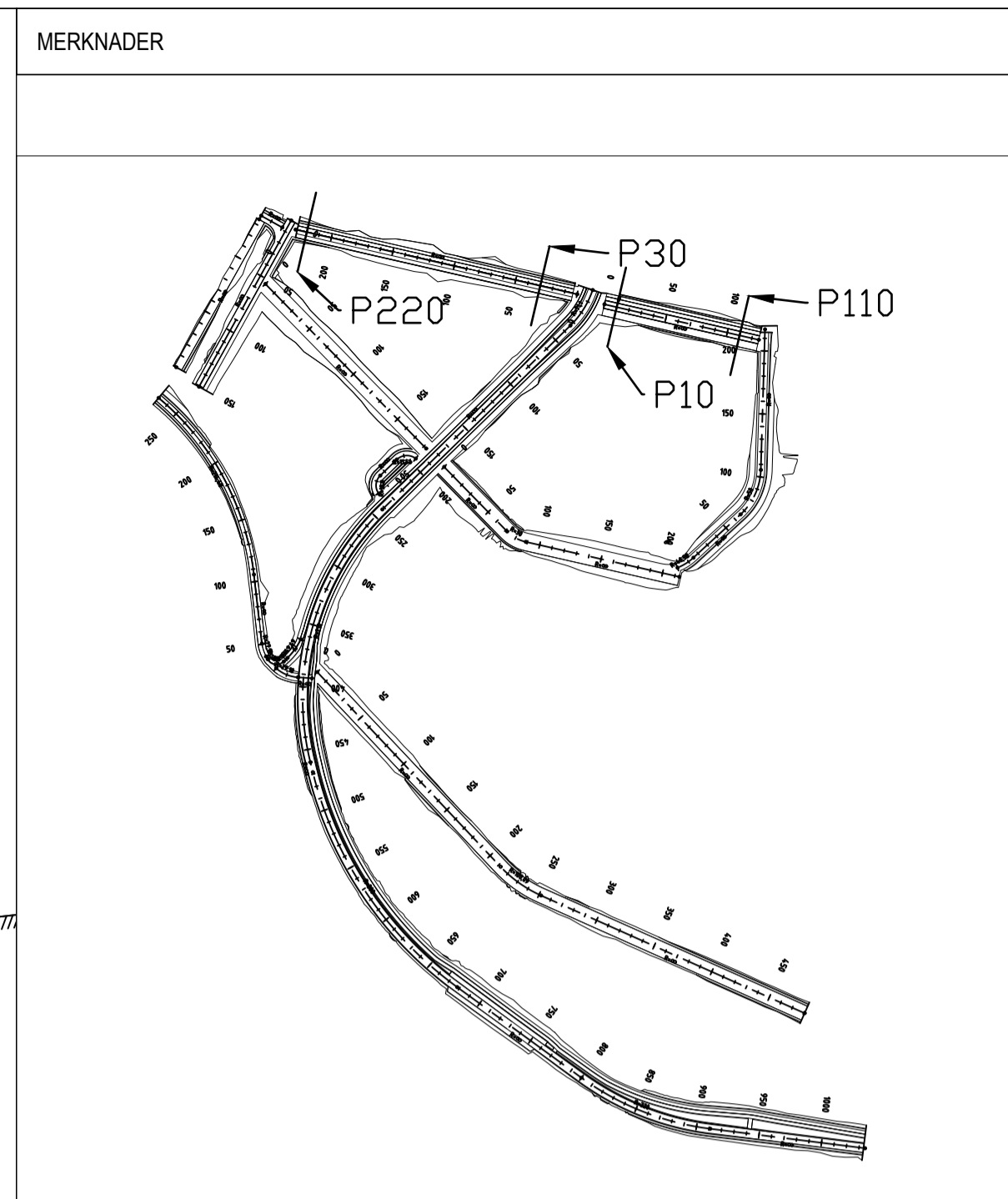
VEG60000 - P220



VEG61000 - P10



VEG61000 - P110



HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
 Høydereferansesystem: NN2000

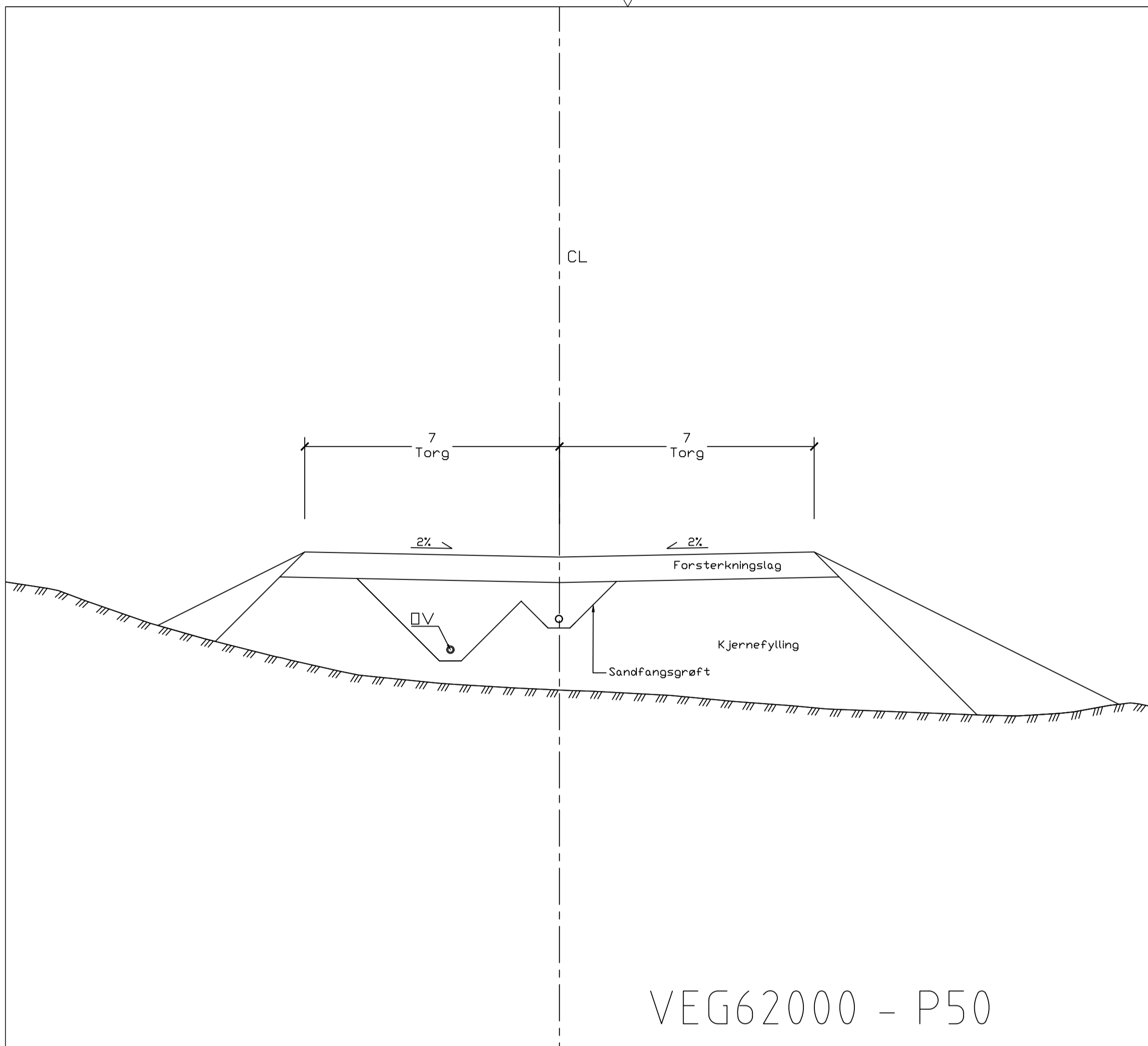
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00			----	A00
ENTREPRISE					

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
A00	DD.MM.YYYY	ABC		XXXX	XXXX
REV.	DATA	RETTELSEN GJELDER		DIS.LED	SAKS.BH

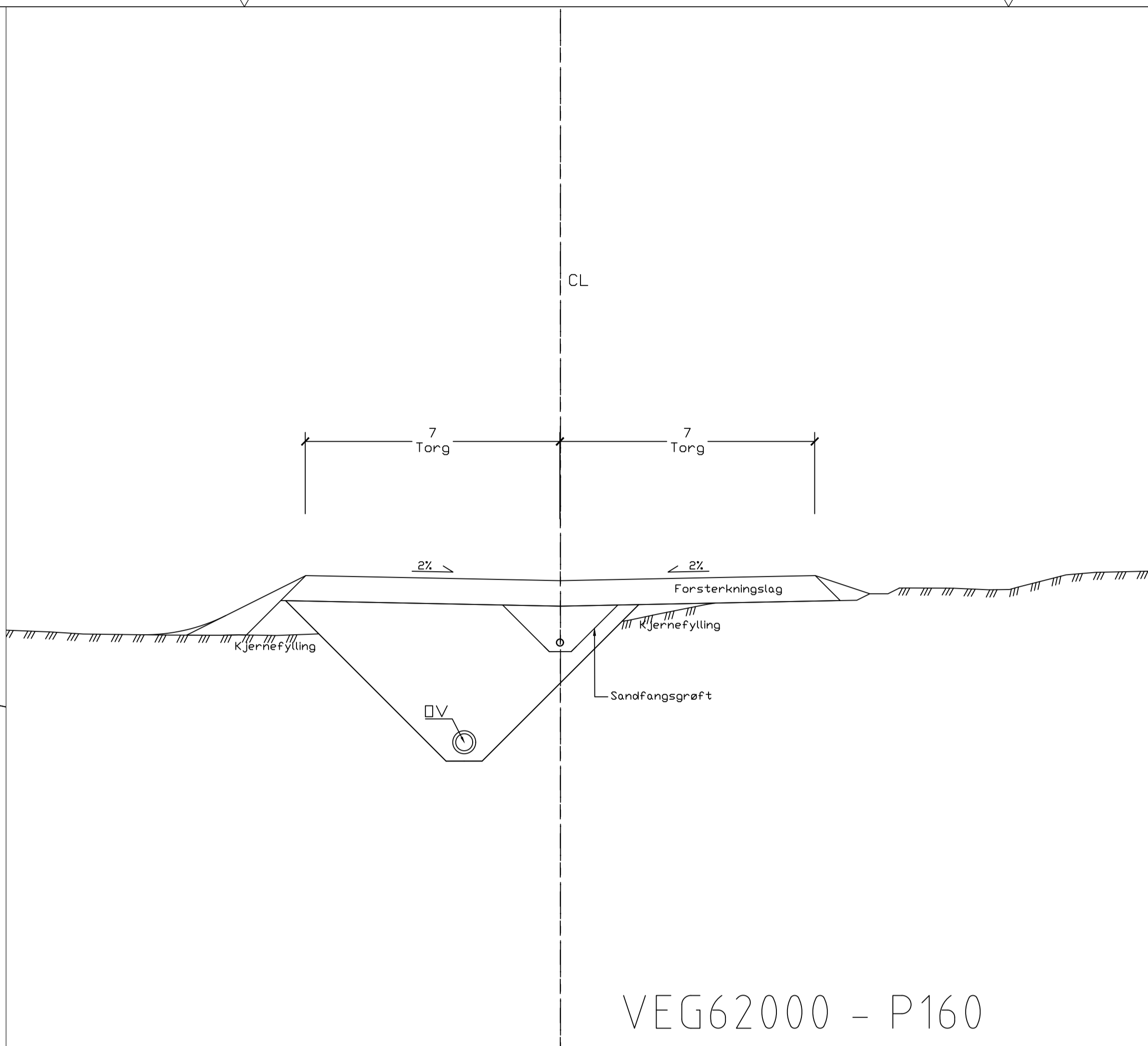
REV.	DATA	RETTELSEN GJELDER	DIS.LED	SAKS.BH	KONTR	GODKJ.

Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

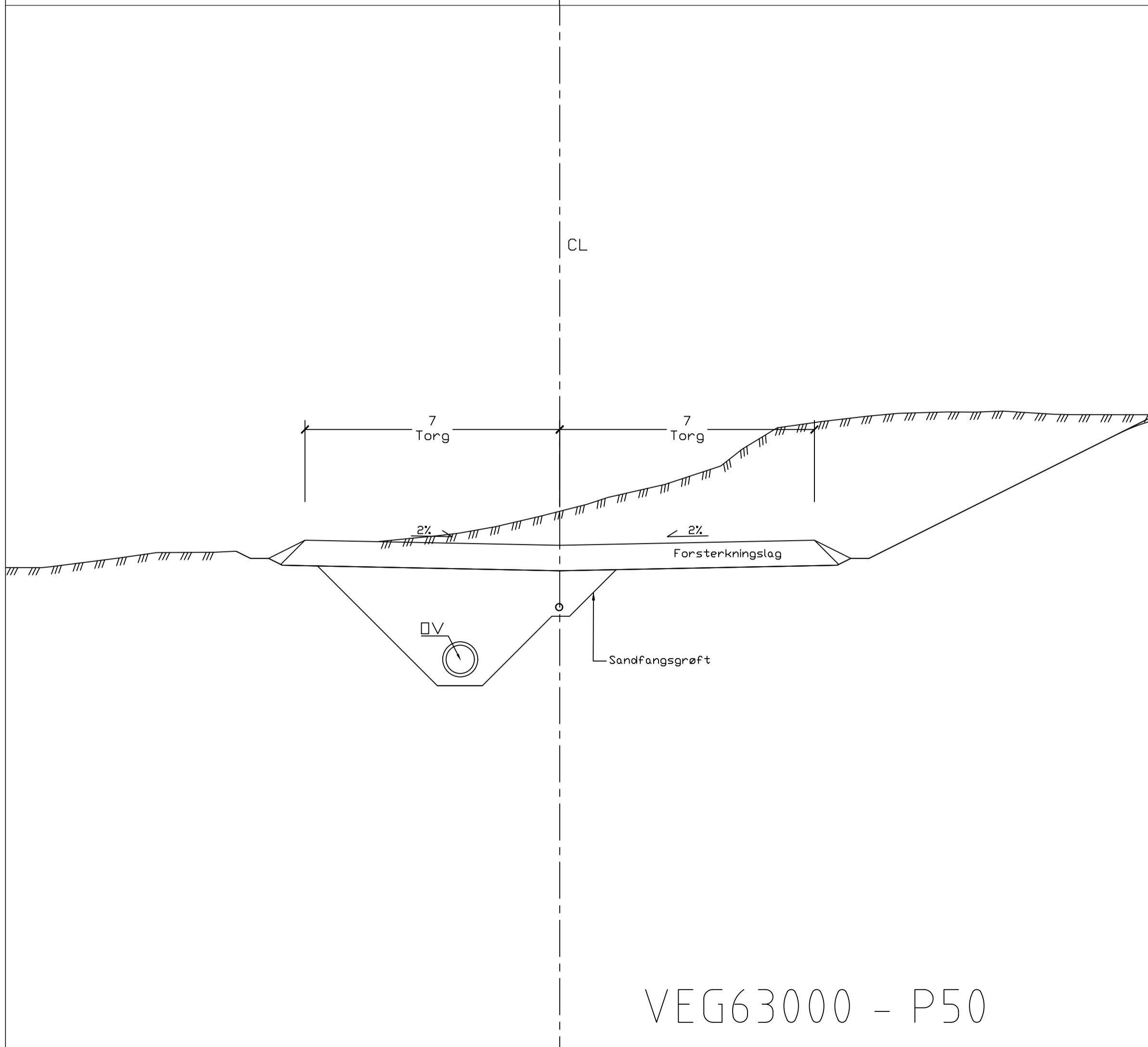
PROSJEKTNAMN Bacheloppøpgave	FASE Levering	OPPRETTET DATO 23.04.2021			
ORIGINAL FORMAT: A1		MALESTOKK: 1:100			
NORMALPROFIL VEG 60000 og 61000 P30 og P220 P10 og P110					
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VEG	F104	A00	



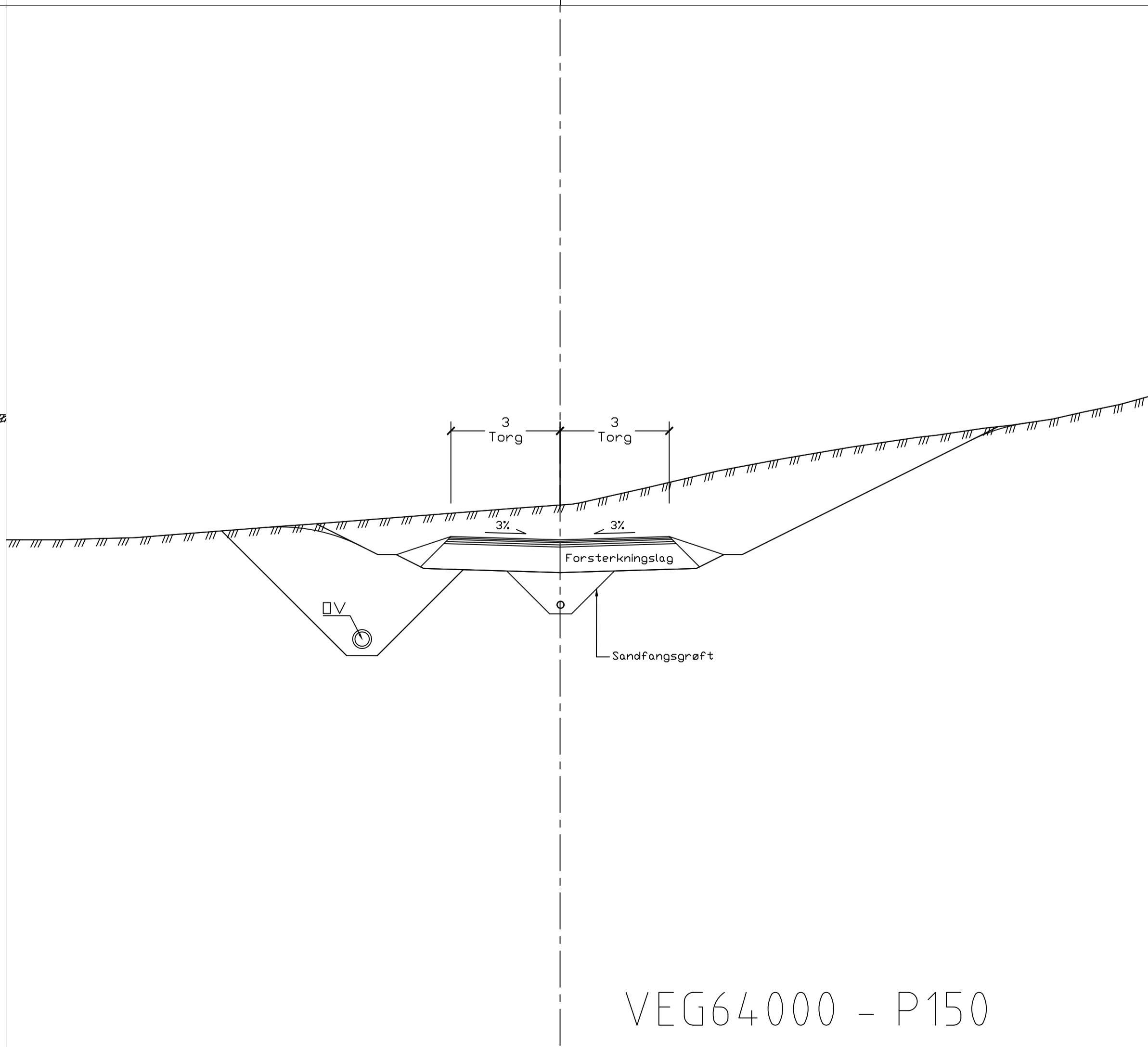
VEG62000 - P50



VEG62000 - P160

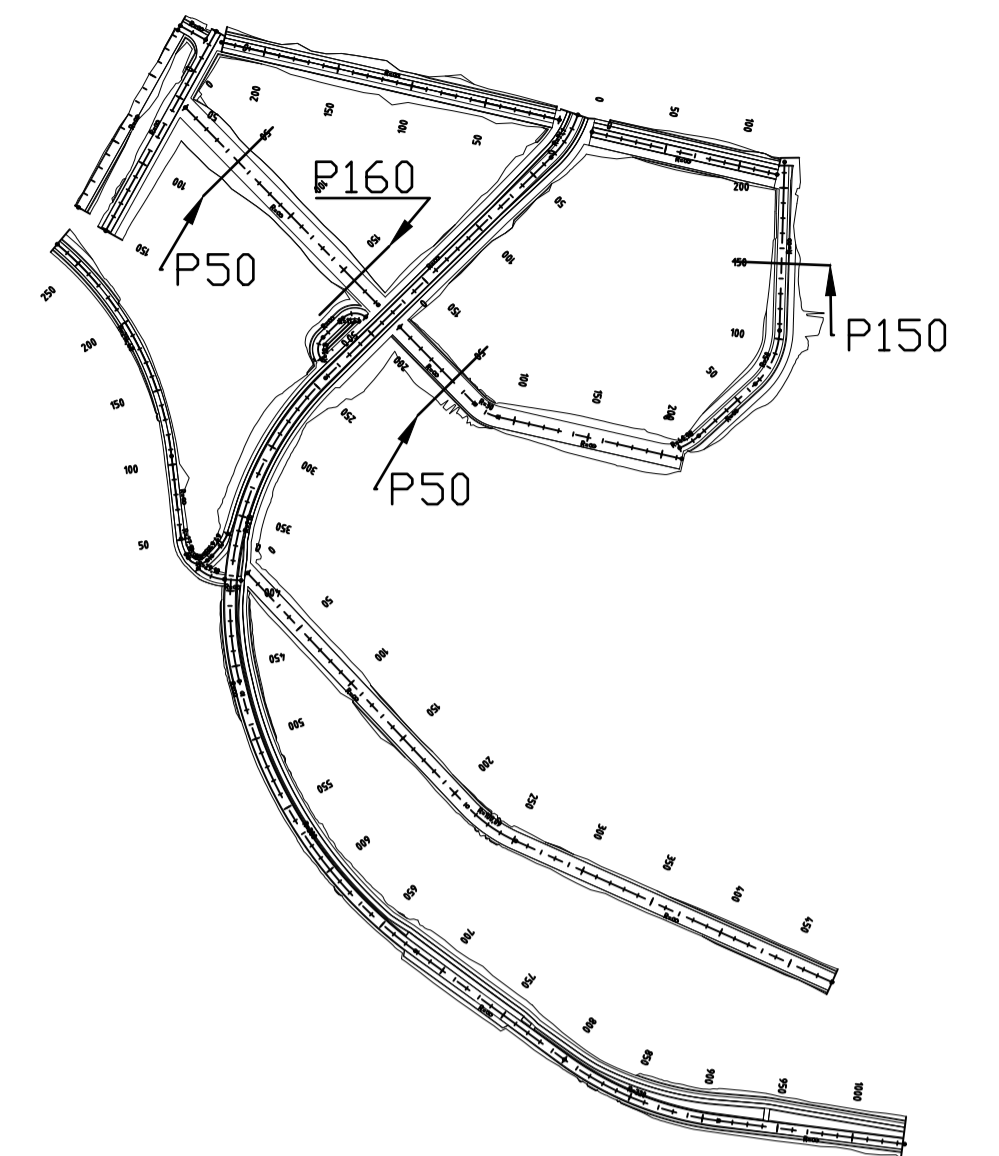


VEG63000 - P50



VEG64000 - P150

MERKNADER



HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høyde referansesystem: NN2000

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN. O. TAB.	TYPE TEGN - LØPENUM.	REV.
---	00			----	A00
ENTREPRISE					

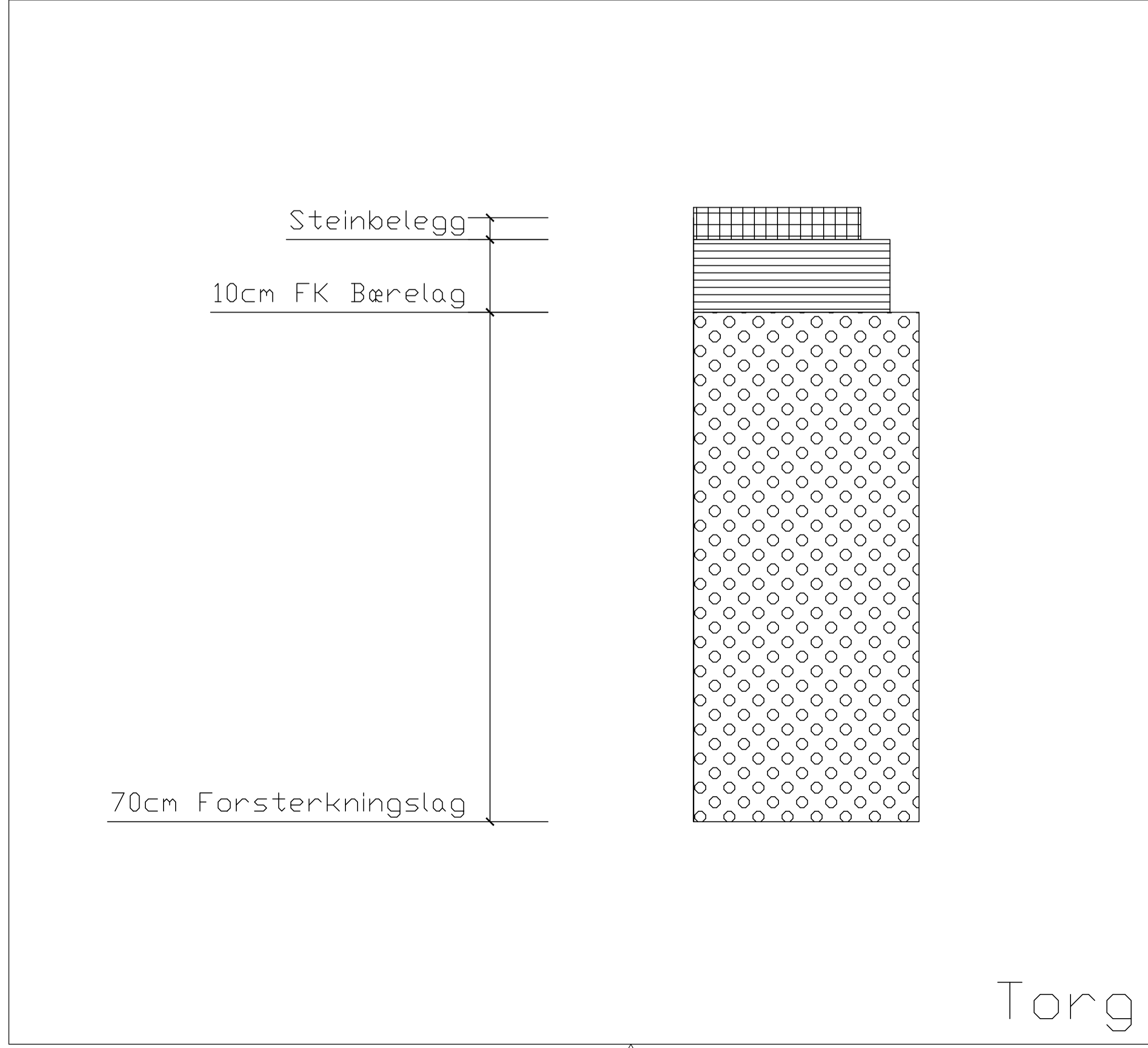
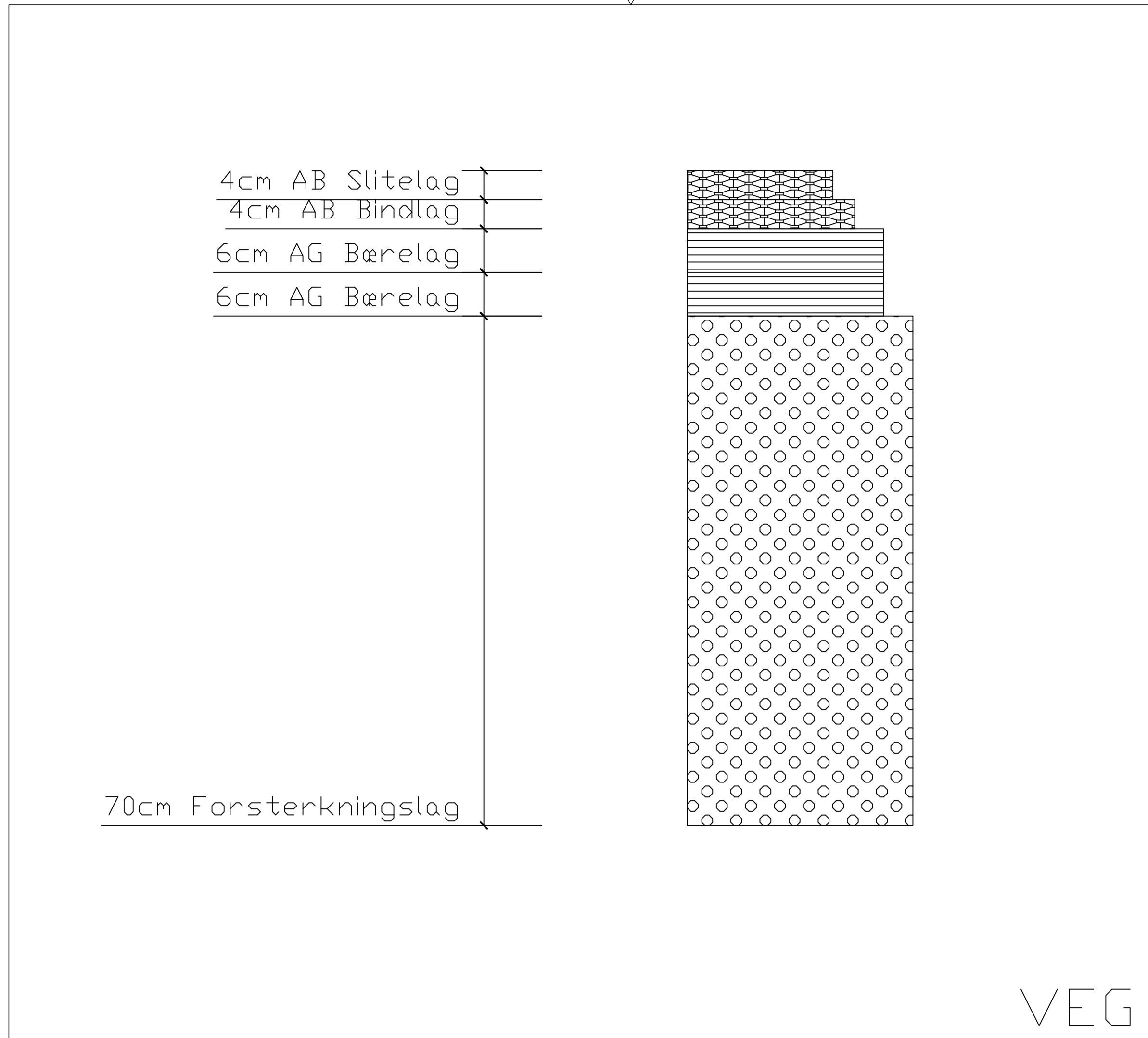
NO	DD	MM	YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATE	RETTELSEN GJELDER			DISLED	SAKSBEH	KONTR	GODKJ

NO	DD	MM	YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATE	RETTELSEN GJELDER			DISLED	SAKSBEH	KONTR	GODKJ

Tegnet av

Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAVN	FASE	OPPRETET DATO			
Bacheloroppgave	Levering	23.04.2021			
ORIGINAL FORMAT: A1		MALESTOKK: 1:100			
NORMALPROFIL VEG 62000, 63000 og 64000					
P50 og P160					
P50					
P150					
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN. O. TAB.	TYPE TEGN - LØPENUM.	REV.
2021	00	VEG	F105	A00	



MERKNADER

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høydereferansesystem: NN2000

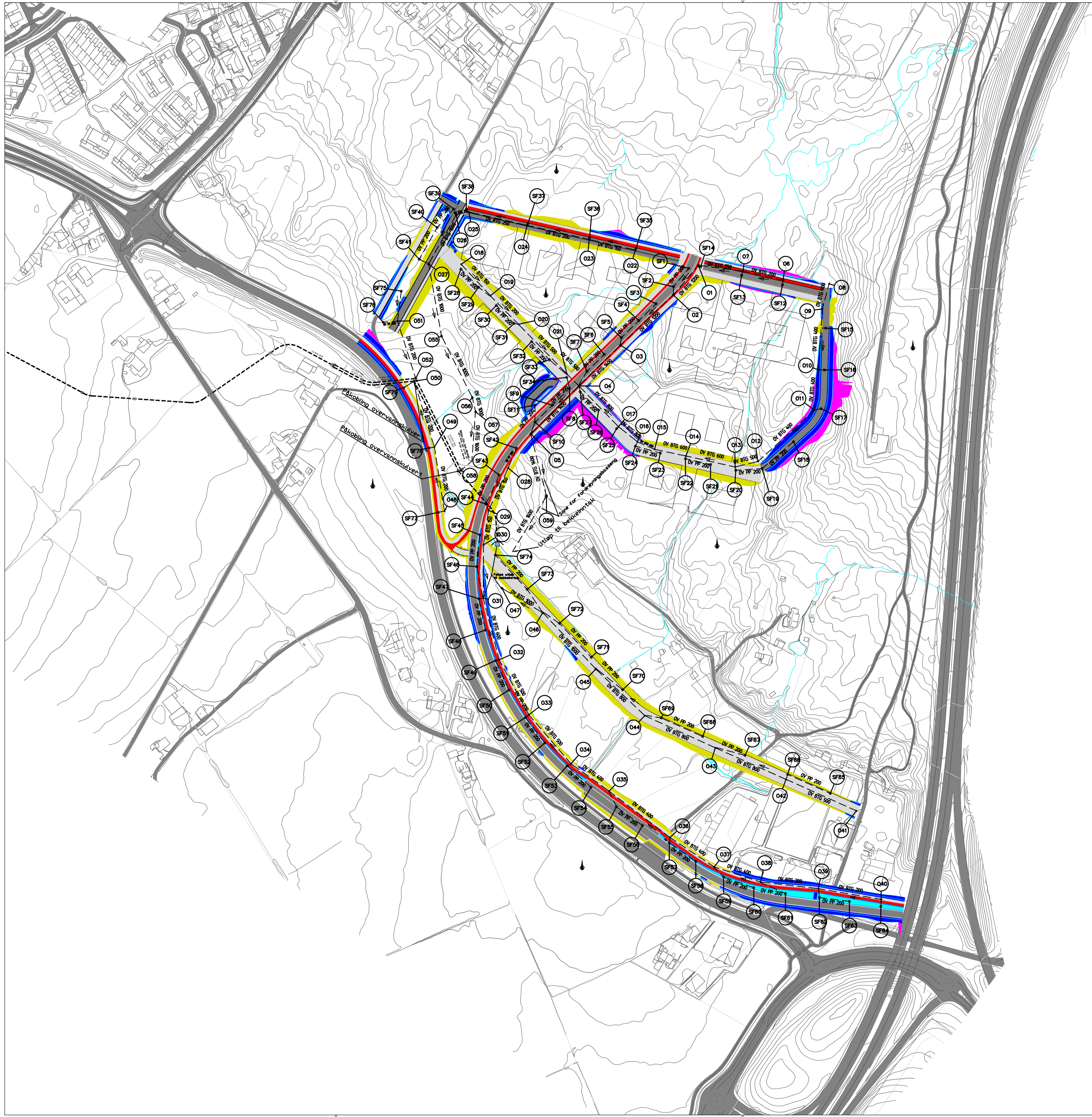
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	---	00		----	A00
ENTREPRISE					

NO	DD	MM	YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATO	RETTELSEN GJELDER			DIS.LED	SAKS.BH	KONTR.	GODKJ.

Tegnet av

Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN	FASE	OPPRETTET DATO			
Bacheloroppgave	Levering	24.04.2021			
ORIGINAL FORMAT: A1		MALESTOKK: 1:5			
Overbygning					
Veg					
Gang- og sykkelveg					
Torg					
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VEG	F107	A00	



MERKNADER

- Tegnforklaring
- Overvannsledning
 - ☒ Sandfang
 - Overvannskum
 - Kumnavn
 - Fallretning

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
 Høydereferansesystem: NN2000

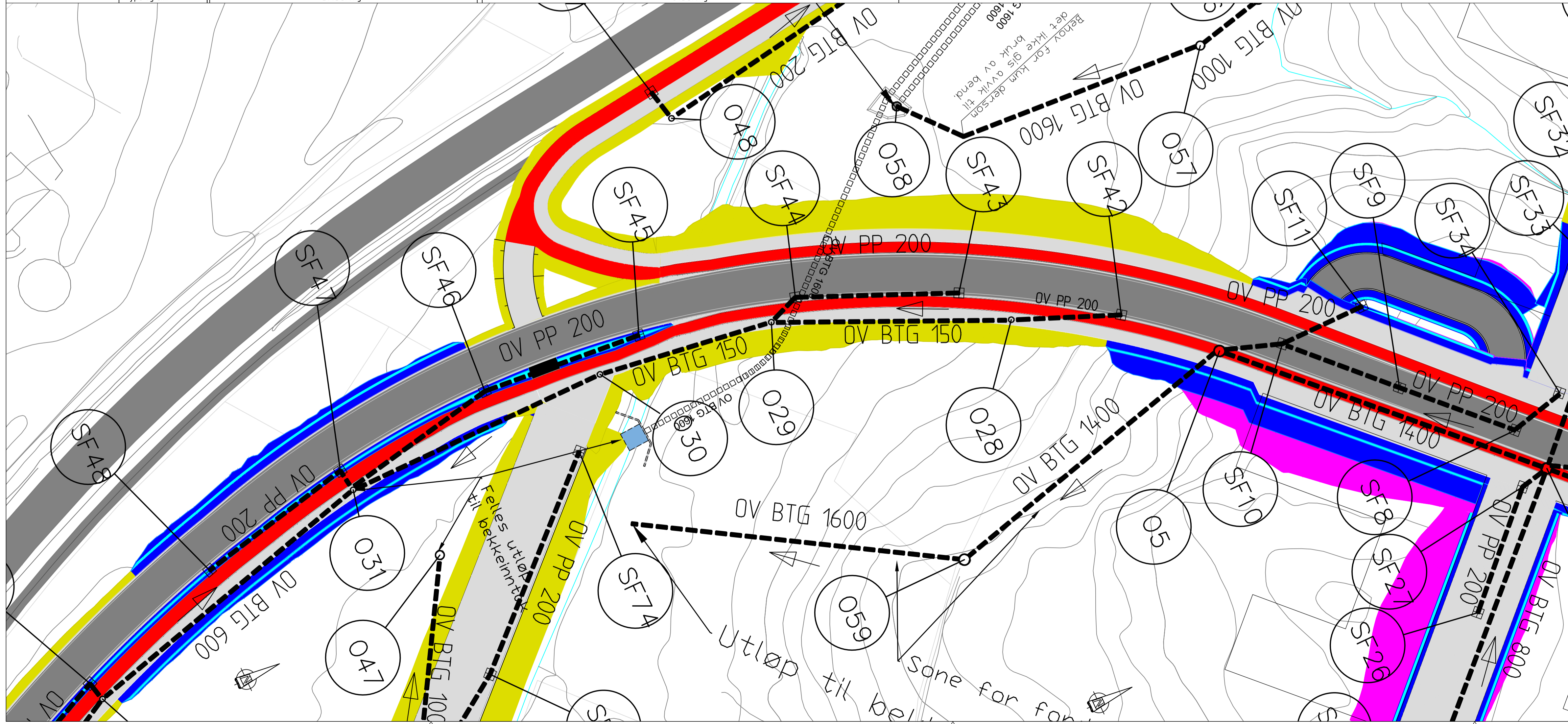
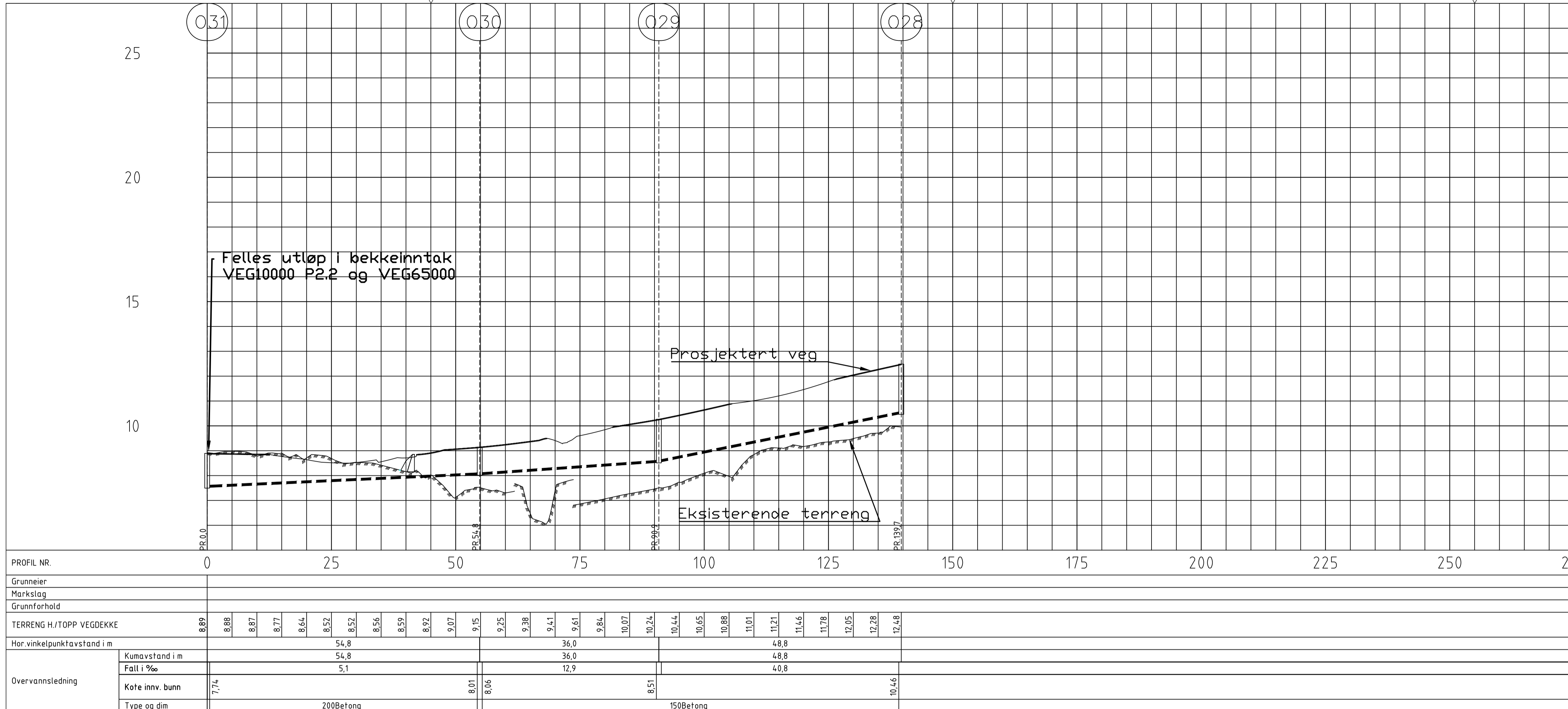
NUMMER	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00		---	A00
ENTREPRISE				

NO	DD	MM	YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
A00								
REV.	DATE	RETTELSEN GJELDER			DIS.LED	SAKSBEH	KONTR	GODKJ.

Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN	FASE	OPPRETTET DATO
Bacheloroppgave	Levering	24.04.2021
Oversikt Overvann		MALESTOKK: 1:2000

NUMMER	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VA	GH100	A00



MERKNADER

Tegnforklaring

- Overvannsledning
- ☐ Sandfang
- Overvannskum
- ◯ Kumnavn
- ▶ Fallretning

Koblinger mellom sandfang og overvannsledning er forslag til utførelse. Kan kobles til rør der det ses på som hensiktsmessig. PP200 ledning fra sandfang er forslag

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
 Høydereferansesystem: NN2000

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.O.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00			---	A00

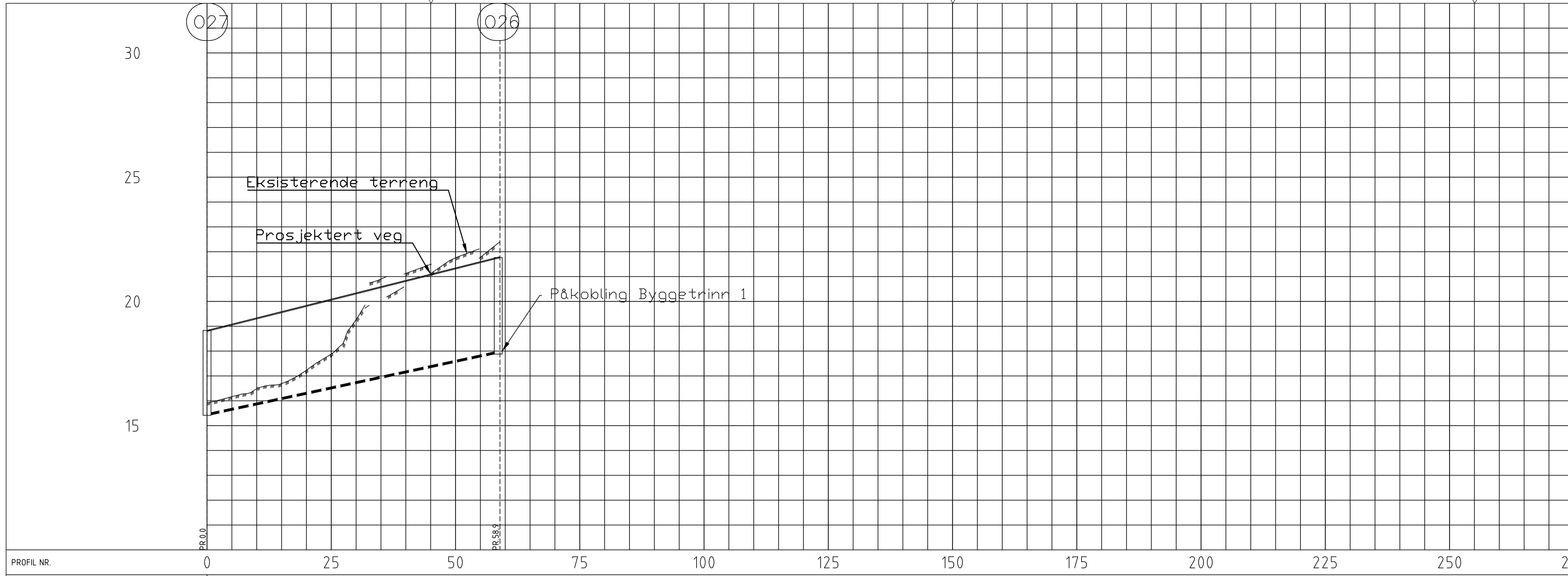
REV.	DD MM YYYY	ABC	RETTTELSEN GJELDER	DIS.LED	SAKS.BH	KONTR	GDOKJ

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.O.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VA		GH102	A00

Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN: Bacheloroppgave
 FASE: Levering
 OPPRETTET DATO: 24.04.2021
 ORIGINAL FORMAT: A1
 MALESTOKK: 1:500

Plan og profil OV_VEG10000
 P2.1



PROFIL NR.	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	
GRUNNEIER													
MARKSLAG													
GRUNNFØRHO													
TERRENG H/TOPP VEGDEKKE	18,83	19,08	19,33	19,59	19,84	20,09	20,34	20,59	20,84	21,09	21,35	21,60	21,85
Hor.vinkelpunktavstand i m	58,9												
Kumavstand i m	58,6												
	Fall i ‰												
Kote innv. bunn	43,2												
	Type og dim												
Overvannsledning	15,42	1000Betong										17,88	

MERKNADER

Tegnforklaring

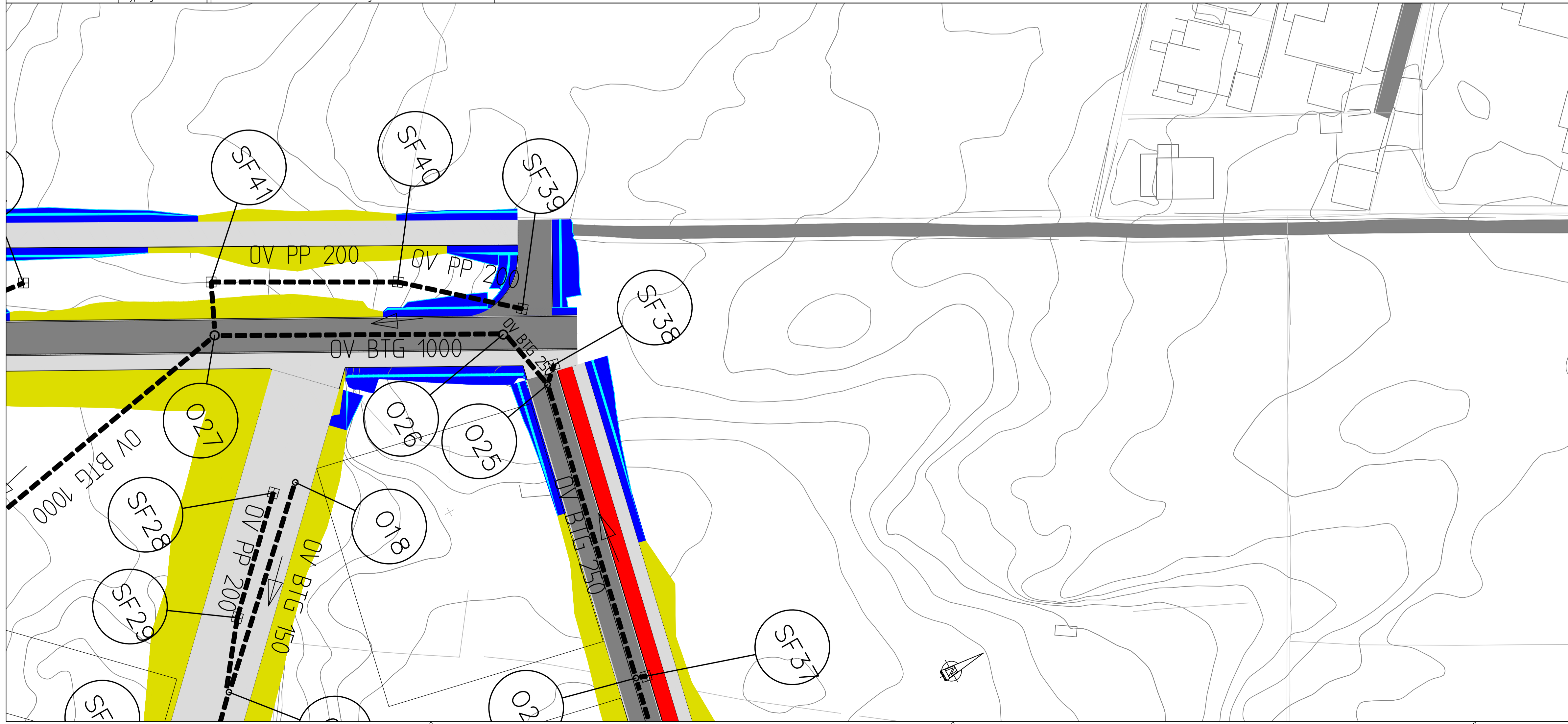
- Overvannsledning
- ☒ Sandfang
- Overvannskum
- Kumnavn
- Fallretning

Koblinger mellom sandfang og overvannsledning er forslag til utførelse. Kan kobles til rør der det ses på som hensiktsmessig. PP200 ledning fra sandfang er forslag.

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
 Høydereferansesystem: NN2000

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00			----	A00
ENTREPRISE					



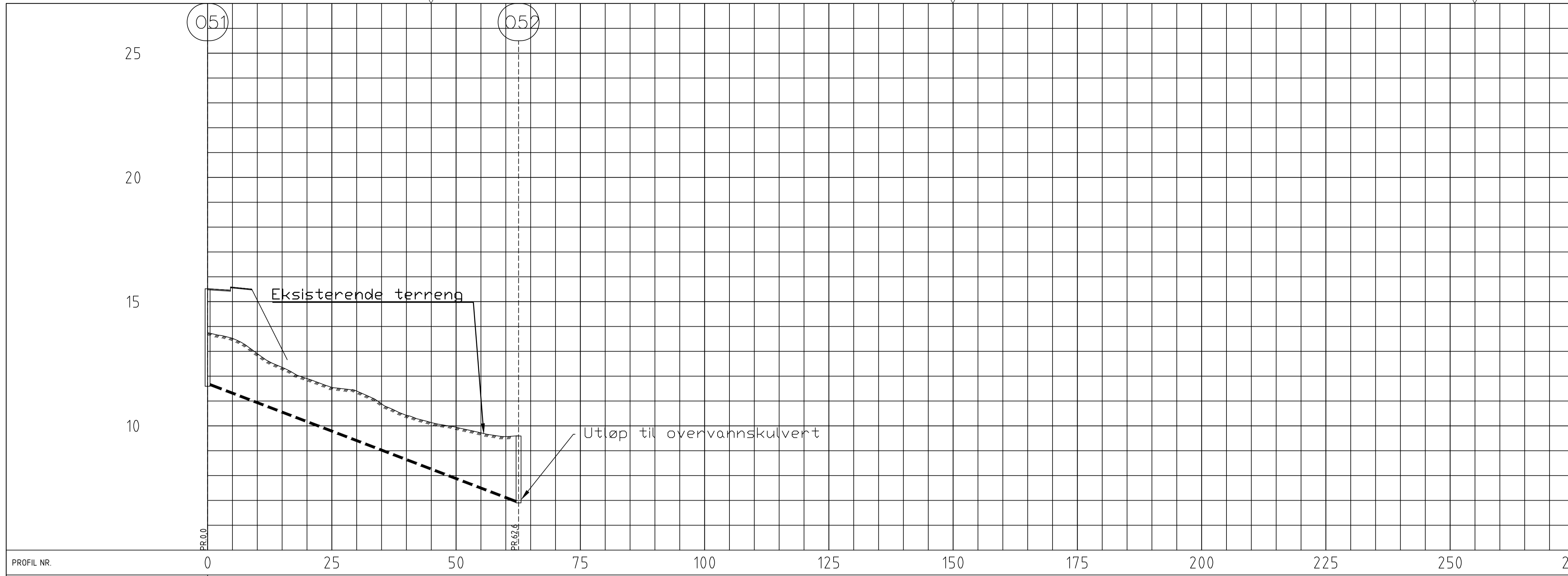
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00			----	A00
ENTREPRISE					

REV.	DD MM YYYY	ABC	DIS LED	SAKSBH	KONTR	GODKJ
A00	24.04.2021					

Tegnet av

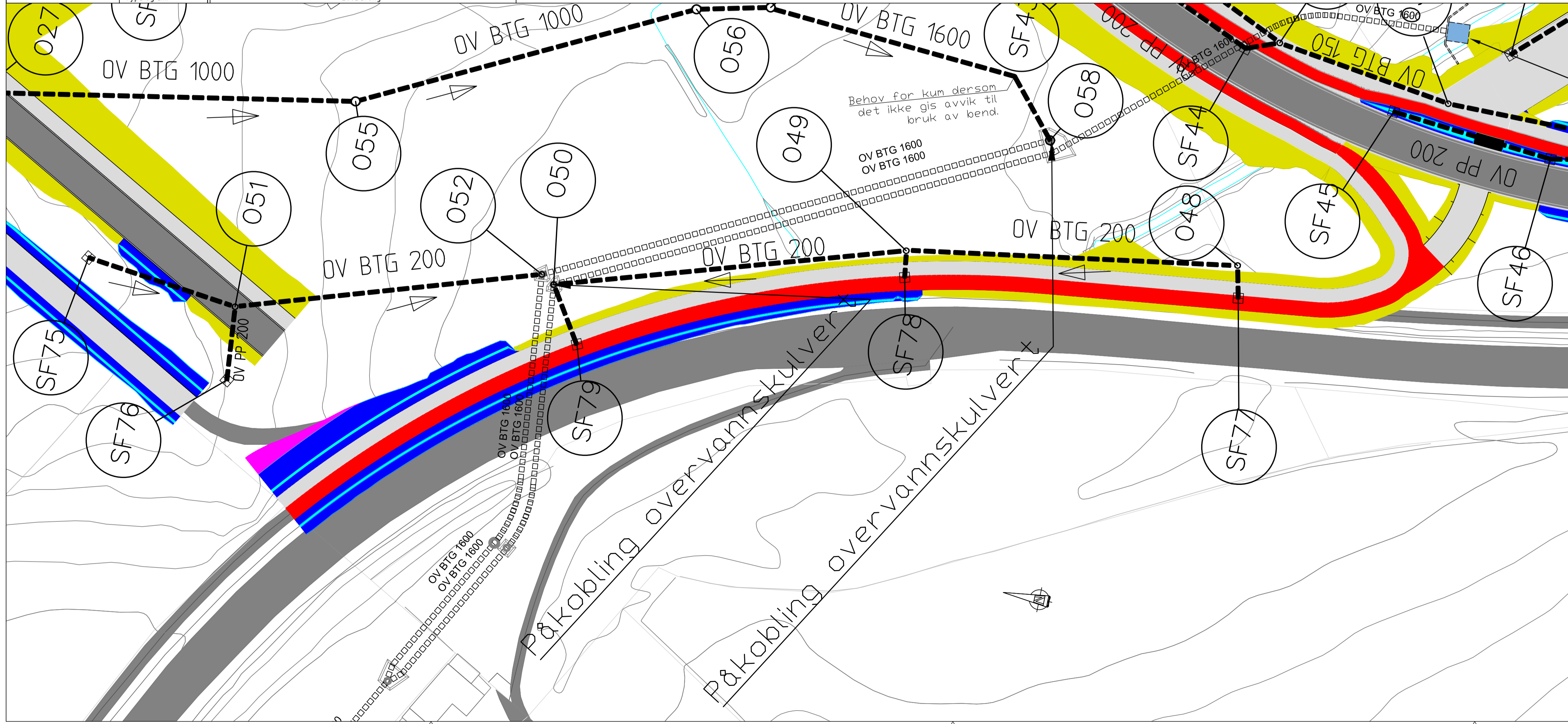
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN	FASE	OPPRETTET DATO			
Bacheloroppgave	Levering	24.04.2021			
ORIGINAL FORMAT: A1		MÅLESTOKK: 1:500			
Plan og profil OV_VEG11000					
P1					
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VA	GH104	A00	



PROFIL NR. 0 25 50 75 100 125 150 175 200 225 250 275

TERRENG HJ/TOPP VEGDEKKE	15.52	15.58	15.06	13.07	11.90	11.55	11.40	10.89	10.42	10.13	9.94	9.72	9.57	9.59
Hor. vinkelpunktavstand i m	62,6													
Kumavstand i m	62,6													
Fall i ‰	-76,2													
Overvannsledning	Kote innv. bunn													
Type og dim	200Betong													
	6,90													



MERKNADER

Tegnforklaring

- Overvannsledning
- ☒ Sandfang
- Overvannskum
- Kumnavn
- Fallretning

Koblinger mellom sandfang og overvannsledning er forslag til utførelse. Kan kobles til rør der det ses på som hensiktsmessig. PP200 ledning fra sandfang er forslag.

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høydereferansesystem: NN2000

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00			----	A00
ENTREPRISE					

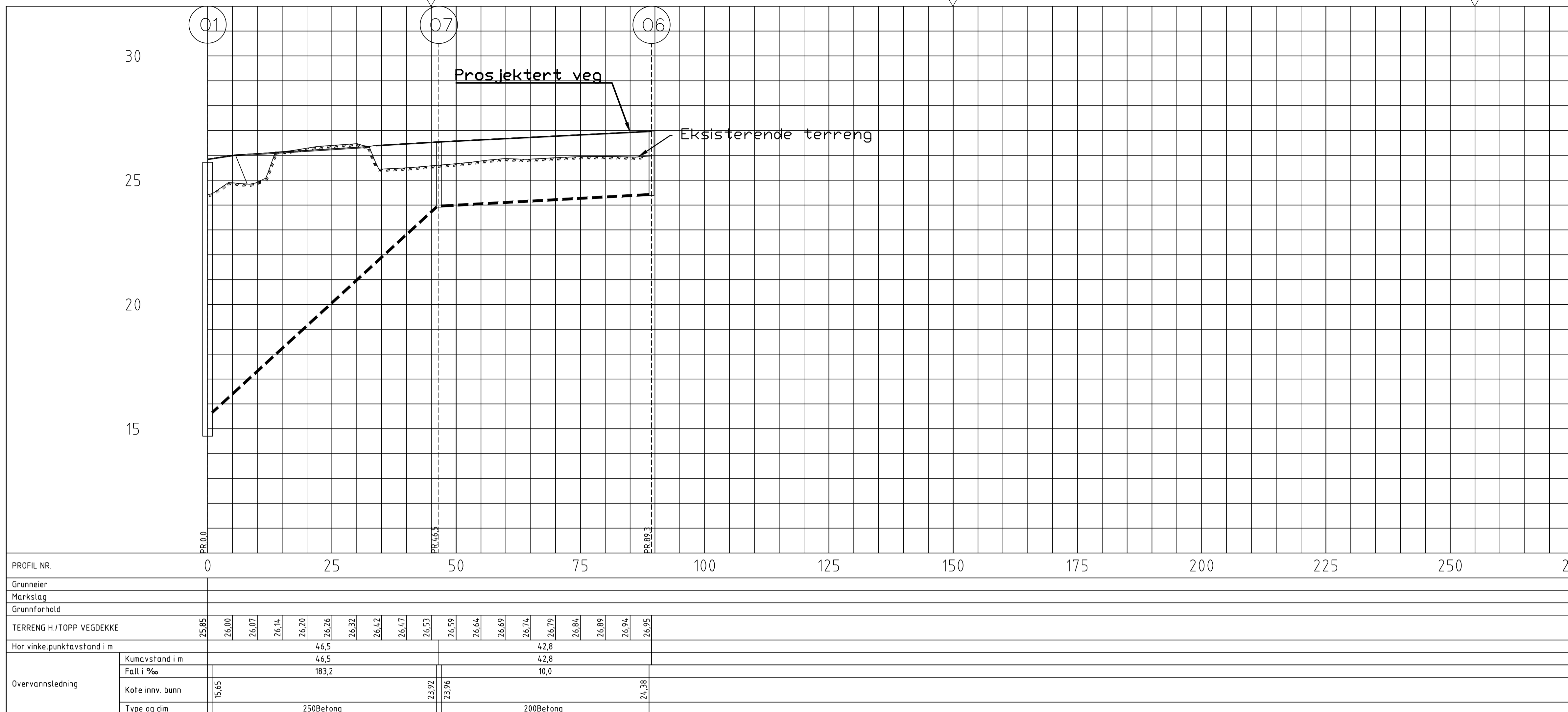
AD0	DD MM YYYY	ABC		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATO	RETTTELSEN GJELDER		DIS.LED	SAKS.BH	KONTR	GODKJ.

Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN: Bacheloroppgave
FASE: Levering
OPPRETTET DATO: 24.04.2021

Plan og profil OV_VEG11000
P2

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VA	GH105	A00	



MERKNADER

Tegnforklaring

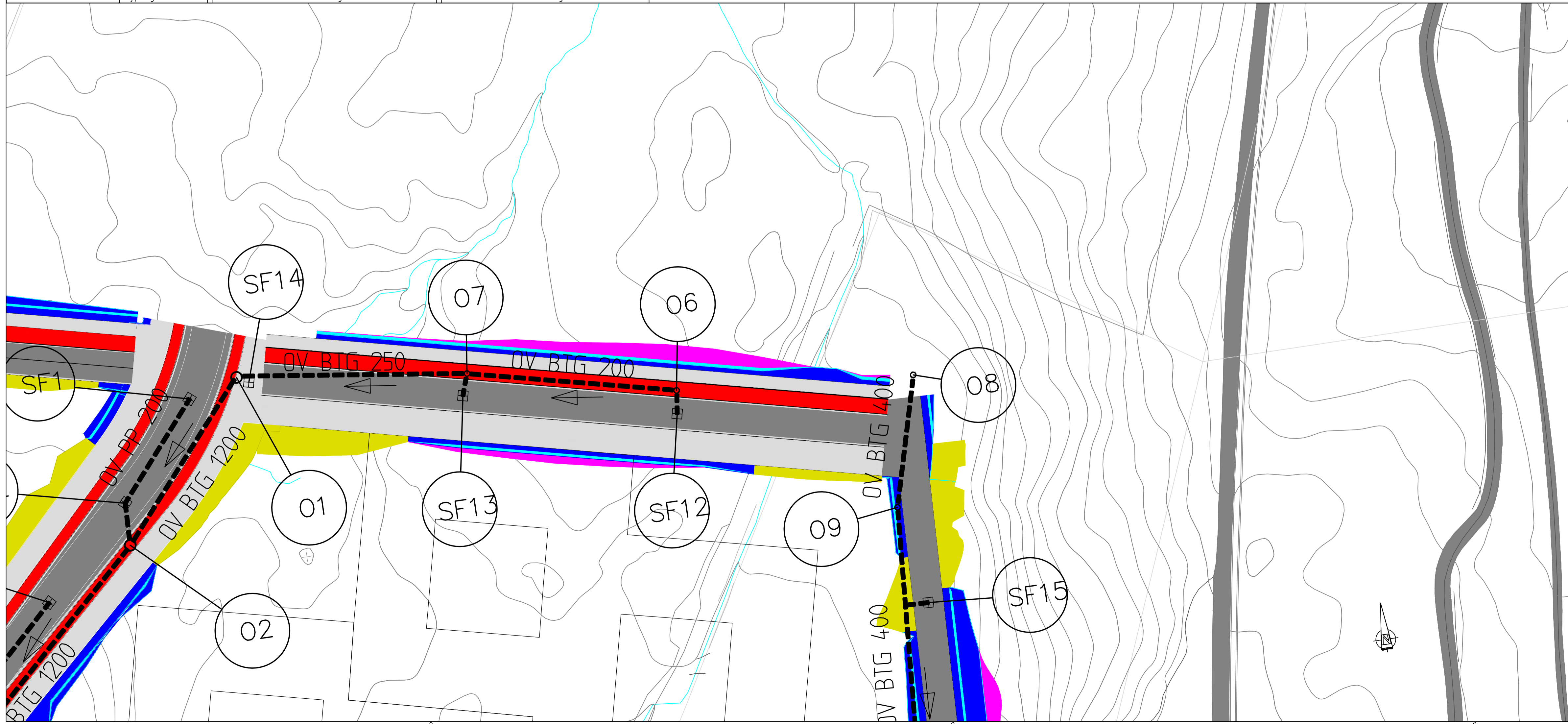
- Overvannsledning
- ☒ Sandfang
- Overvannskum
- Kumnavn
- Fallretning

Koblinger mellom sandfang og overvannsledning er forslag til utførelse. Kan kobles til rør der det ses på som hensiktsmessig.
PP200 ledning fra sandfang er forslag.

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høyde referansesystem: NN2000

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00			----	A00



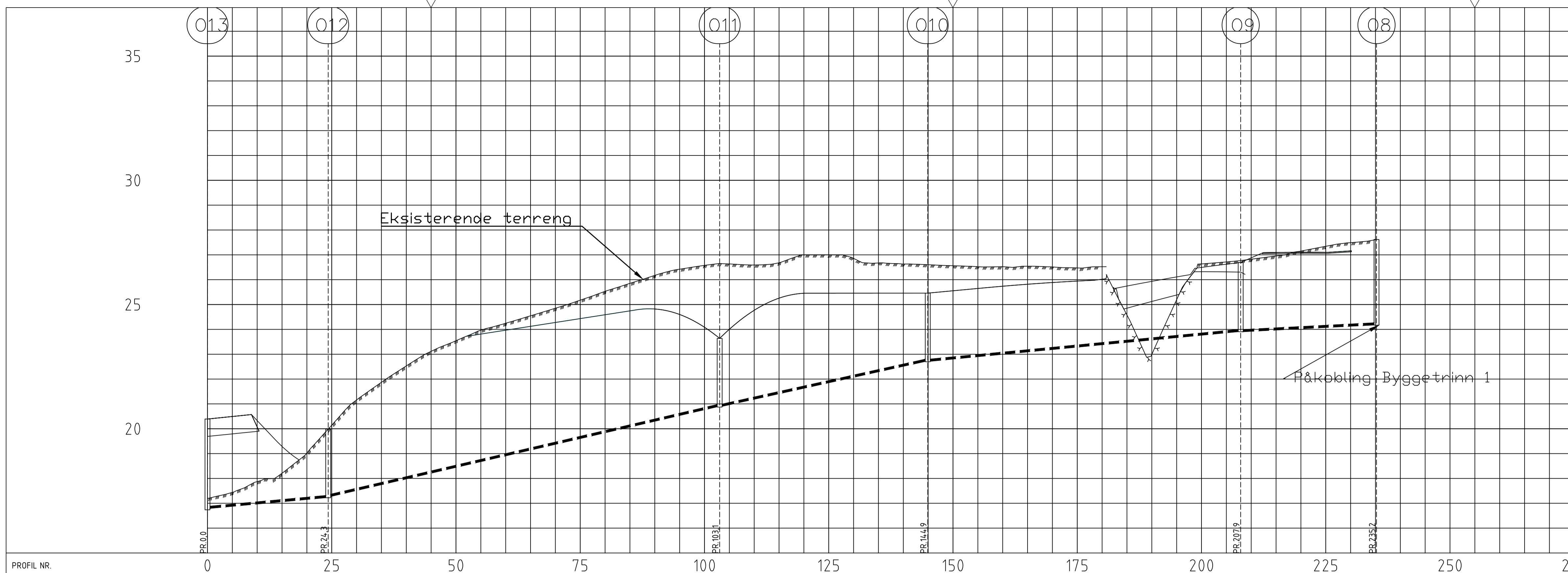
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00			----	A00

AD	DD MM YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATO	RETTELSEN GJELDER	DIS LED	SAKSBH	KONTR	GODKJ

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VA	GH107	A00	

Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN Bacheloroppgave	FASE Levering	OPPRETTET DATO 24.04.2021
Plan og profil OV_VEG61000		ORIGINAL FORMAT: A1 MALESTOKK: 1:500



MERKNADER

Tegnforklaring

- Overvannsledning
- ☒ Sandfang
- Overvannskum
- Kumnavn
- ▶ Fallretning

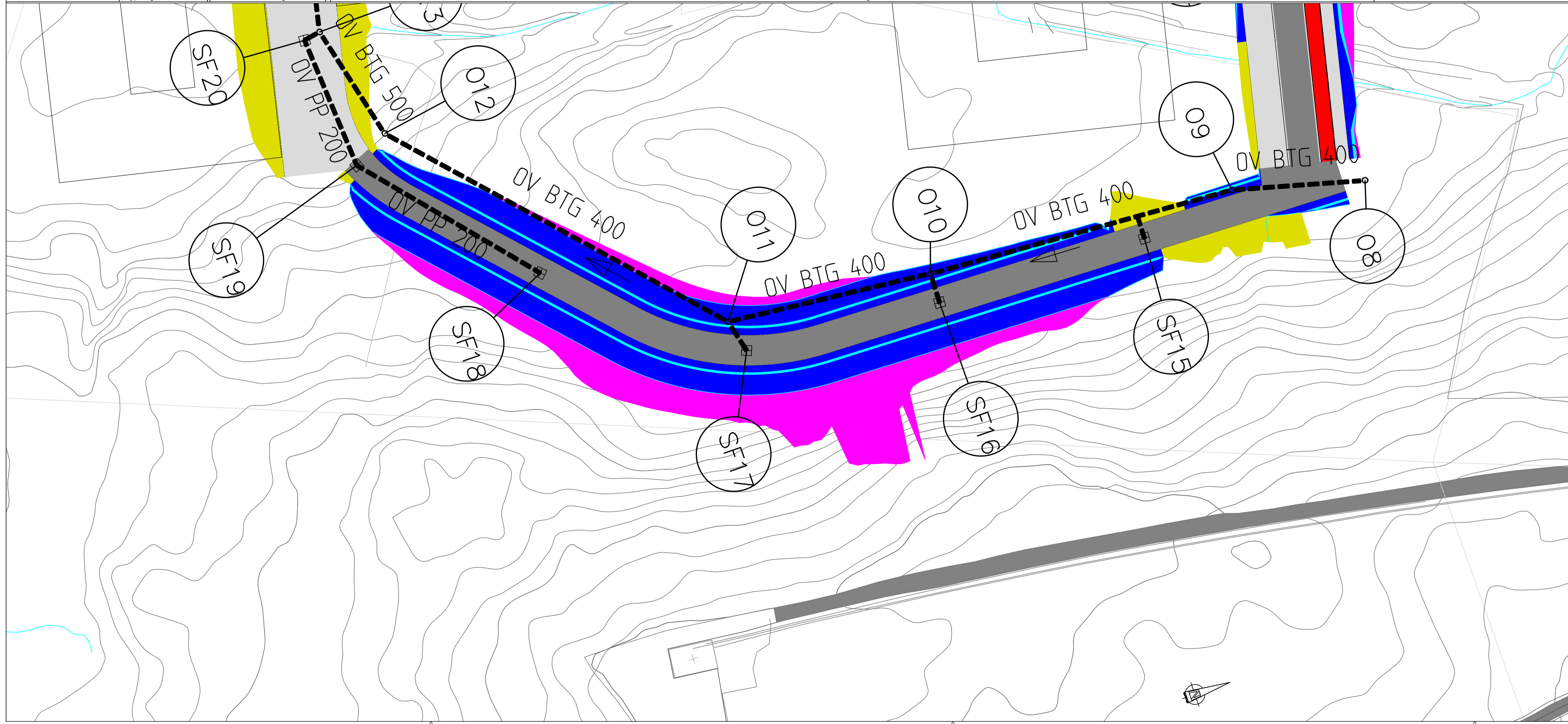
Koblinger mellom sandfang og overvannsledning er forslag til utførelse. Kan kobles til rør der det ses på som hensiktsmessig. PP200 ledning fra sandfang er forslag.

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
 Høydereferansesystem: NN2000

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00			----	A00

PROFIL NR.	TERRENG HJ/TOPP VEGDEKKE	Hor.vinkelpunktavstand i m	Kumavstand i m	Fall i ‰	Overvannsledning	Type og dim
0	20,39		24,3	16,4		500Betong
25	20,49	19,02	24,3			
50	20,33	20,14	78,8	45,7		
75	19,29	21,16	78,8			
100	21,87	22,53	41,9	44,6		400Betong
125	22,53	23,12	41,9			
150	23,12	23,54	63,0	19,5		
175	23,54	23,81	63,0			
200	23,97	24,12	27,3	10,0		
225	24,12	24,28	27,3			
250	24,28	24,43	27,10			
275	24,43	24,59	27,10			
	24,59	24,74	27,15			
	24,74	24,82	27,61			
	24,82	24,60	27,10			
	24,60	24,09	27,10			
	24,09	24,00	24,17			
	24,00	24,77				
	24,77	25,26				
	25,26	25,45				
	25,45	25,46				
	25,46	25,46				
	25,46	25,55				
	25,55	25,65				
	25,65	25,74				
	25,74	25,82				
	25,82	25,89				
	25,89	25,94				
	25,94	26,02				
	26,02	25,74				
	25,74	25,93				
	25,93	26,11				
	26,11	26,49				
	26,49	26,62				
	26,62	26,88				
	26,88	27,10				
	27,10	27,10				
	27,10	27,10				
	27,10	27,15				
	27,15	27,61				



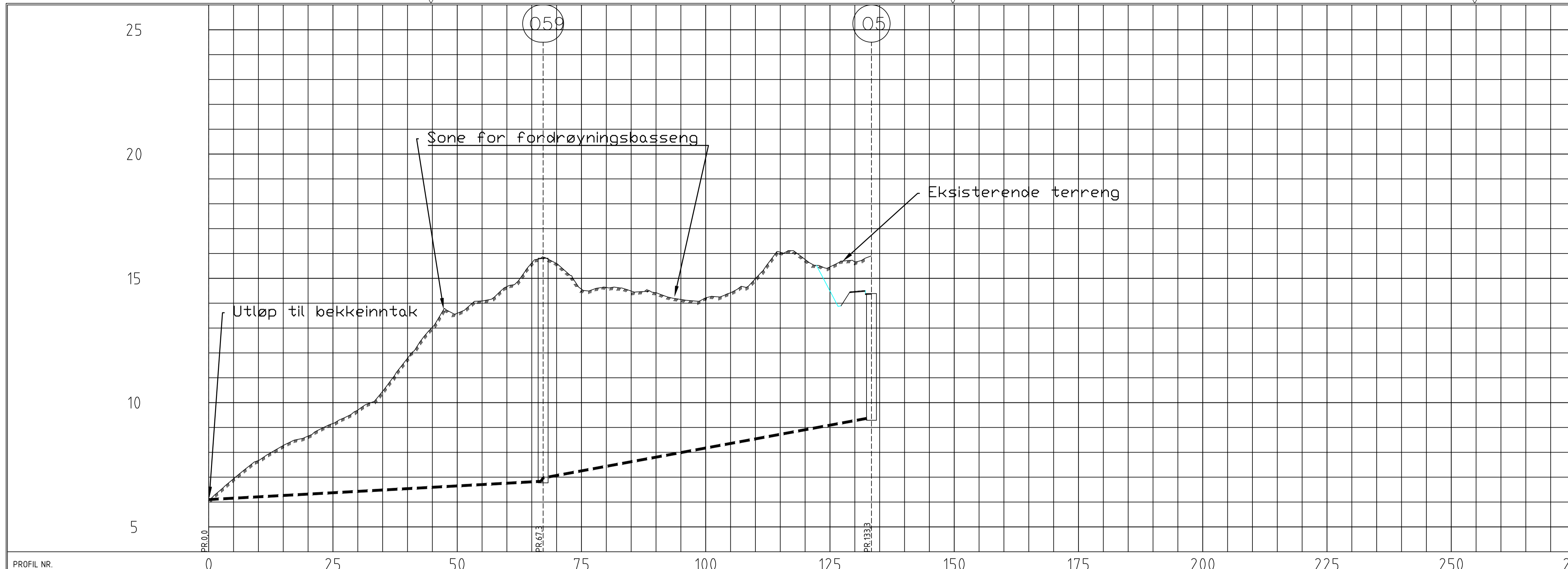
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00			----	A00

REV.	DATO	RETTTELSEN GJELDER	DIS.LED	SAKS.BH	KONTR	GDOKJ
A00	DD.MM.YYYY	ABC		XXXX	XXXX	XXXX

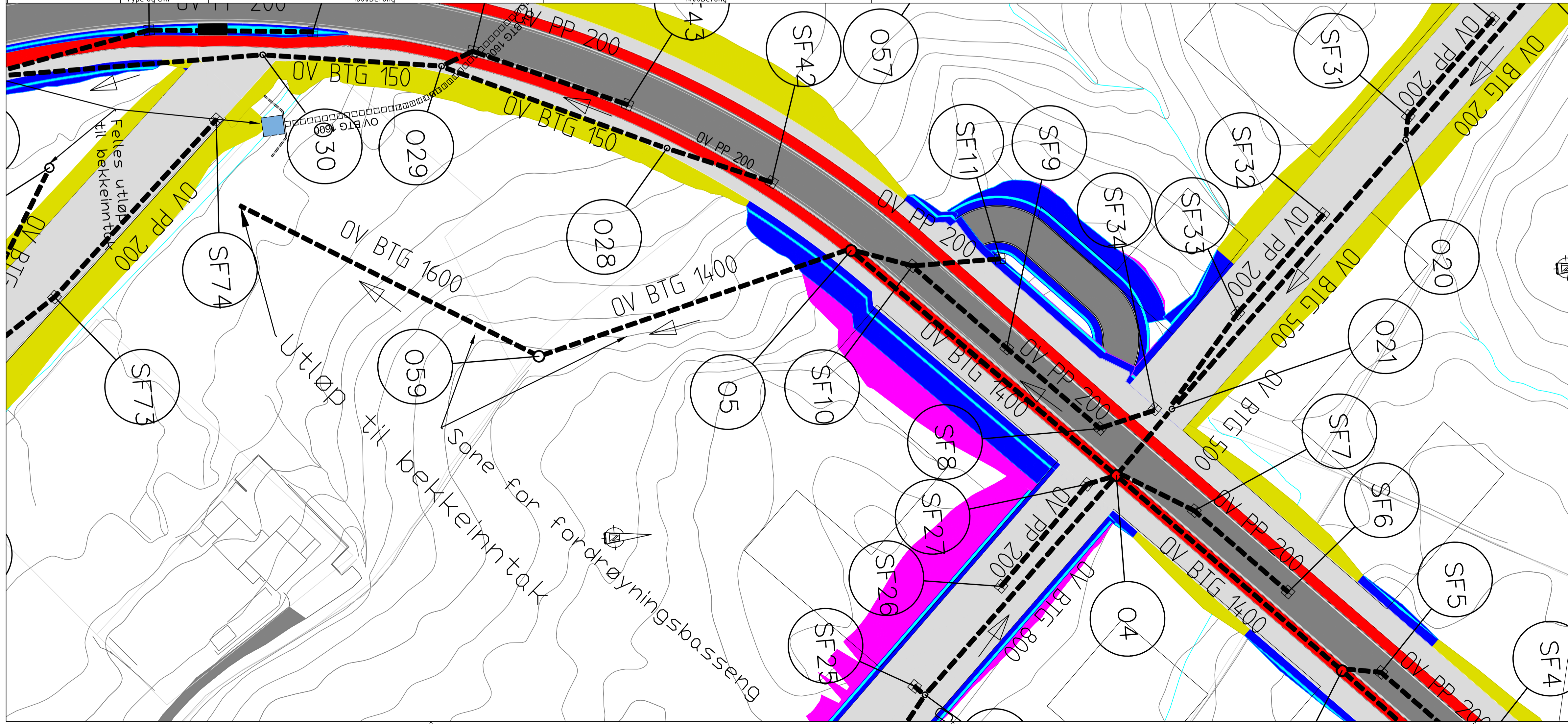
Tegnet av
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN Bacheloroppgave	FASE Levering	OPPRETTET DATO 24.04.2021			
Plan og profil OV_VEG64000		ORIGINAL FORMAT: A1 MALESTOKK: 1:500			

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VA	GH110	A00	



PROFIL NR.	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275																										
Grunneier																																						
Markslag																																						
Grunnforhold																																						
TERRENG H./TOPP VEGDEKKE	6.04	6.94	7.67	8.28	8.65	9.16	9.70	10.46	11.19	13.03	13.59	14.09	14.67	15.62	15.60	14.57	14.63	14.49	14.42	14.15	14.21	14.42	14.99	16.05	15.76	14.49	14.97	14.39										
Hor. vinkelpunktavstand i m													66.1																									
Kumavstand i m													67.3																									
Fall i ‰													67.3																									
Overvannsledning													10.0																									
Kote innv. bunn	6.10												6.77	6.97												35.1												
Type og dim													1600Betong													1400Betong												



MERKNADER

Tegnforklaring

- Overvannsledning
- ☒ Sandfang
- Overvannskum
- Kumnavn
- ▶ Fallretning

Koblinger mellom sandfang og overvannsledning er forslag til utførelse. Kan kobles til rør der det ses på som hensiktsmessig. PP200 ledning fra sandfang er forslag.

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
 Høydereferansesystem: NN2000

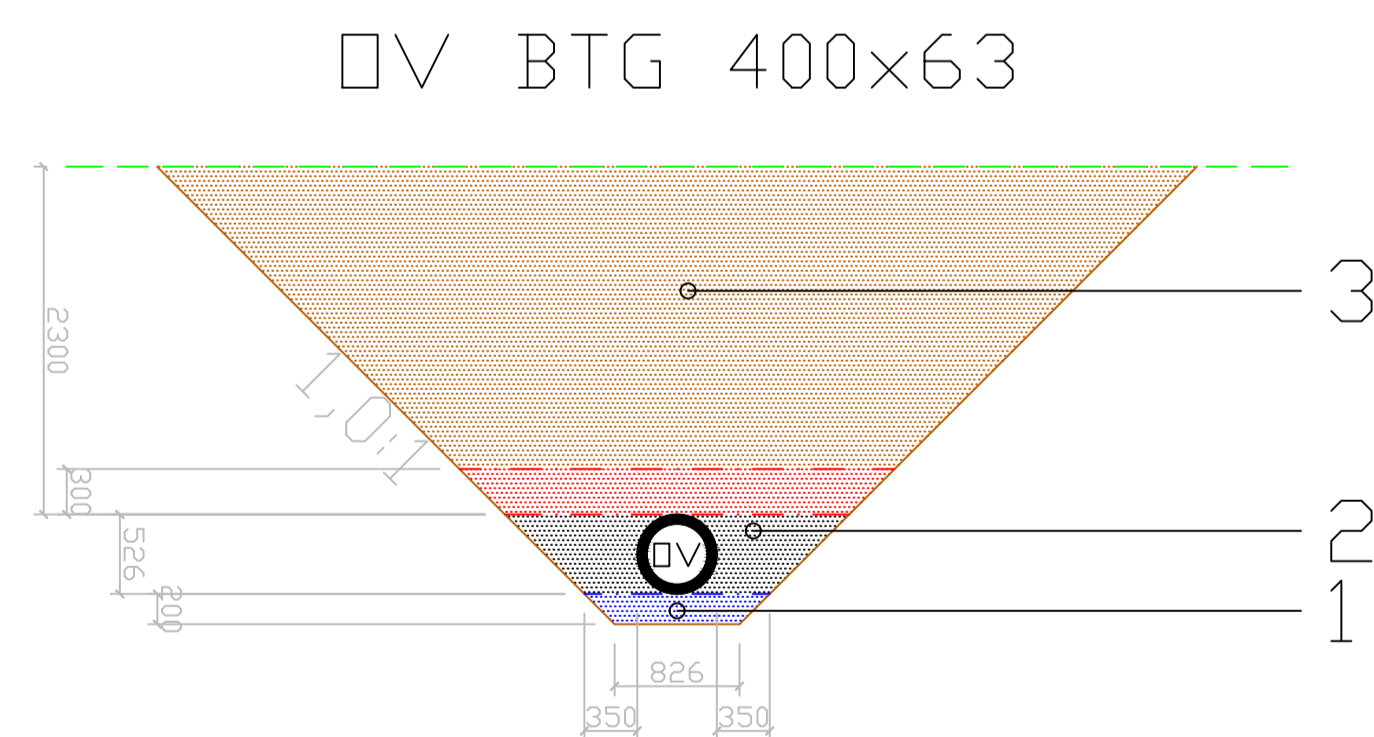
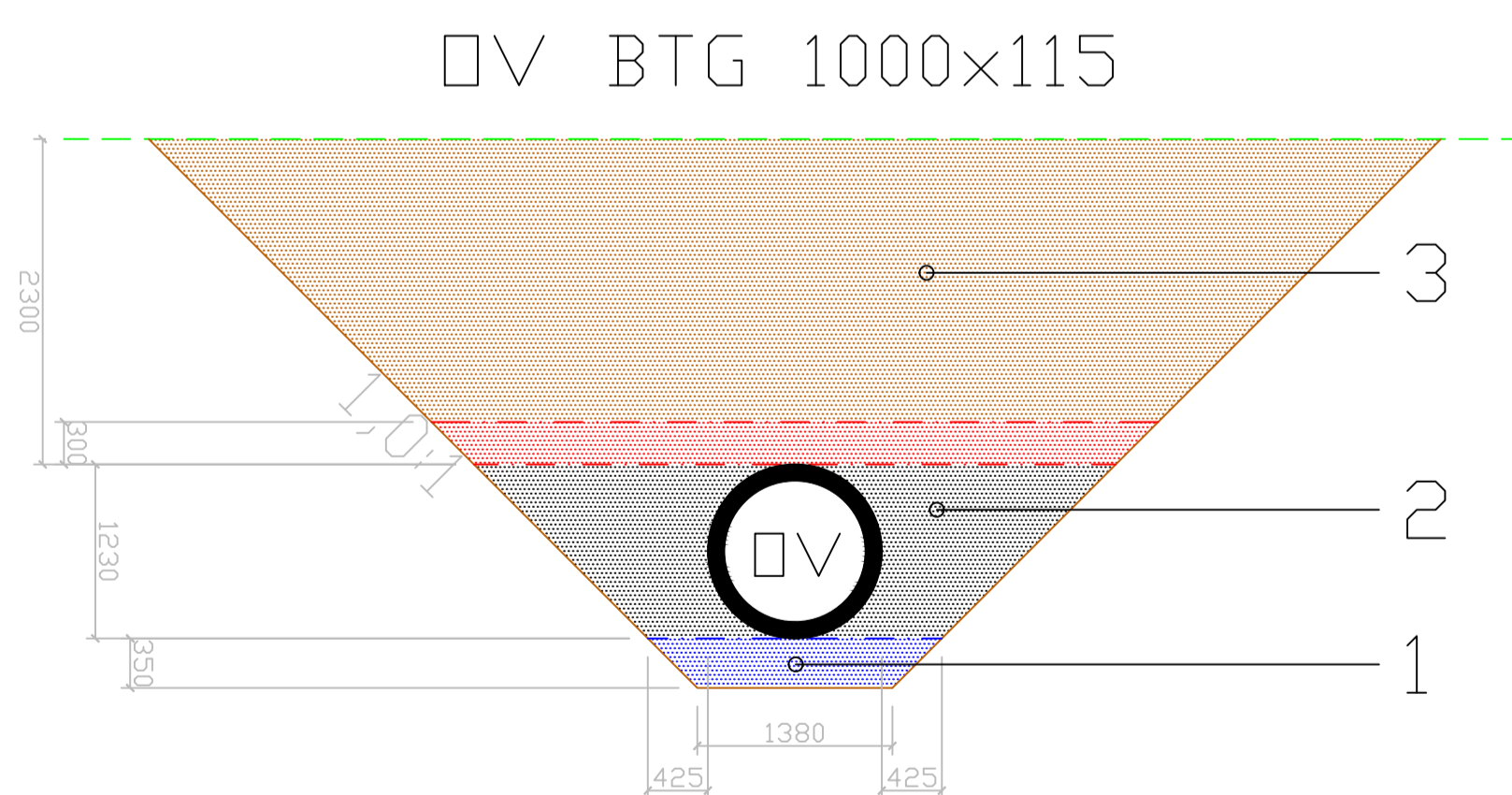
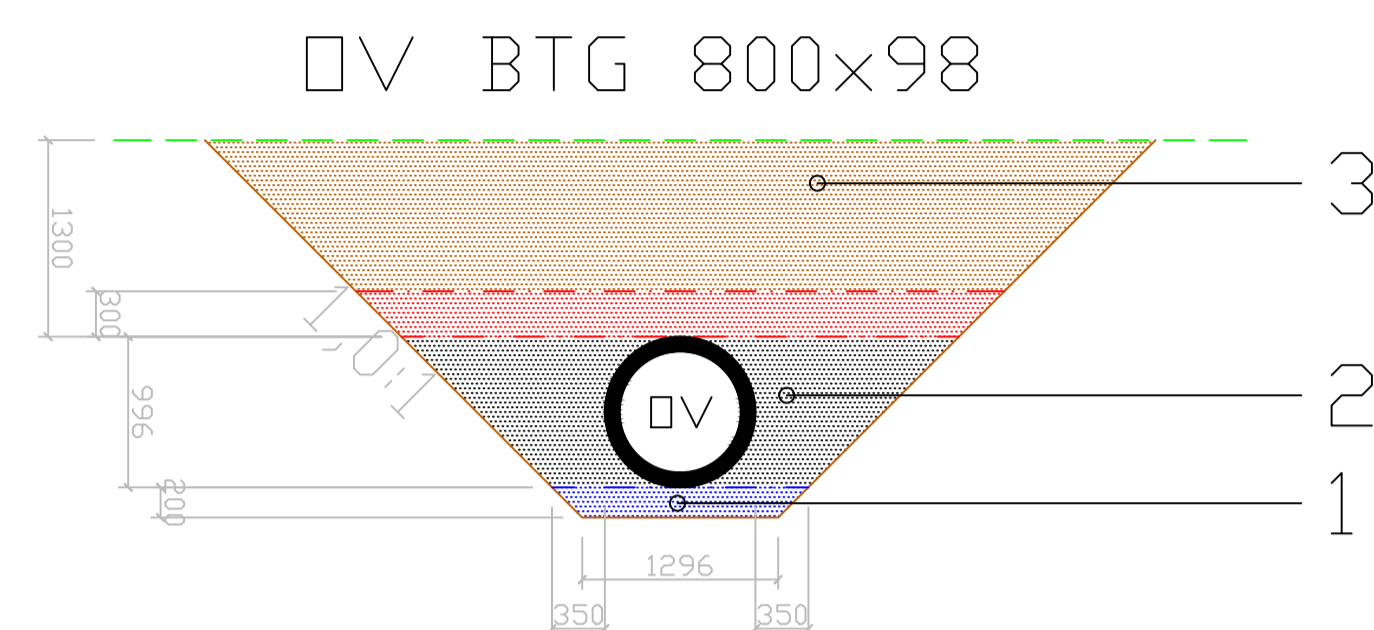
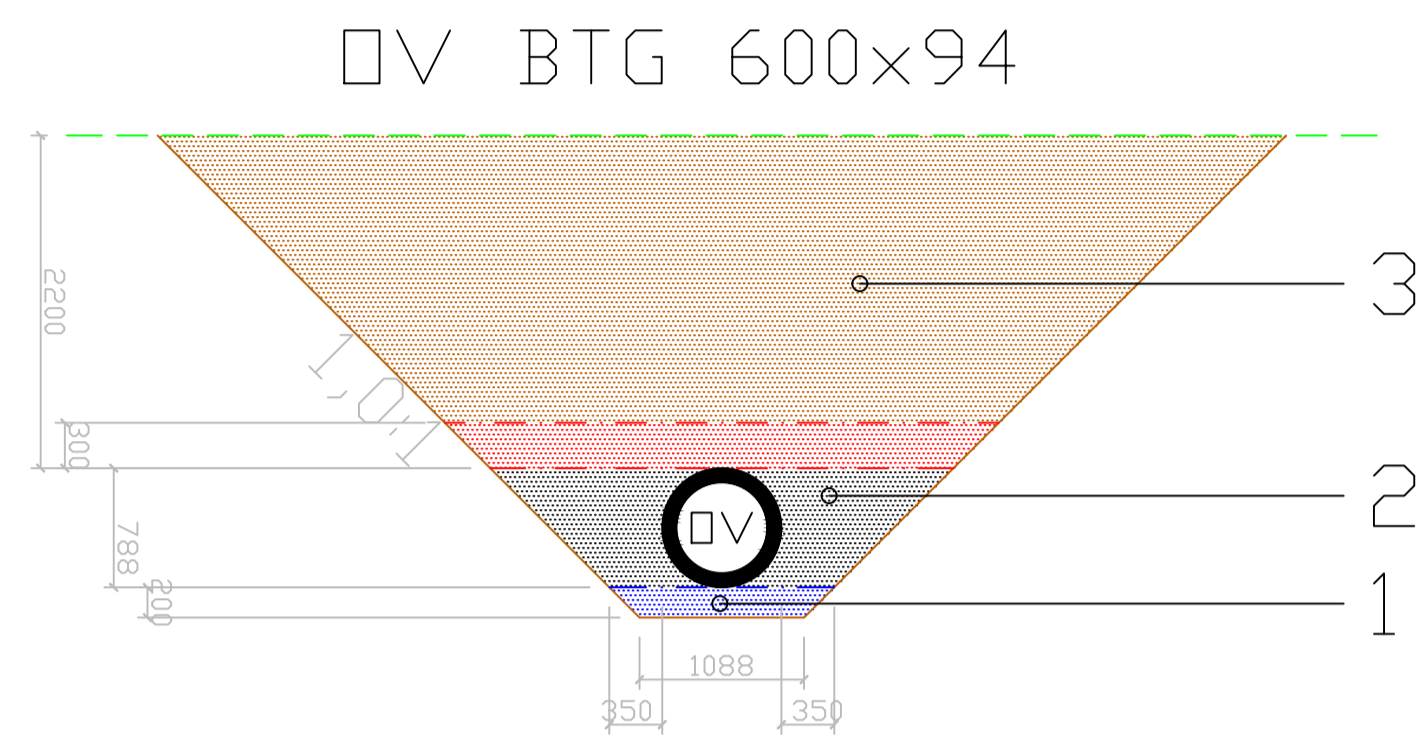
NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00			---	A00
ENTREPRISE					

ADD	DD.MM.YYYY	ABC		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATO	RETTTELSEN GJELDER		DIS.LED	SAKS.BH	KONTR	GODKJ.

Tegnet av	Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss						
-----------	---------------------------------------	--	--	--	--	--	--

PROSJEKTNAVN	Bacheloroppgave	FASE	Levering	OPPRETTET DATO	24.04.2021
ORIGINAL FORMAT:	A1	MALESTOKK:	1:500		
Plan og profil OV_fordrøyningsbasseng					

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VA	GH114	A00	



MERKNADER

- 1 Rørfundament;
Løsmasser:
DN<400: min. 150mm, Pukk 4-16mm
400<=DN<1200 : min. 200mm, Pukk 4-16mm
1200<=DN<2000: min. 350mm, Pukk 4-16mm
- 2 Sidefylling/beskyttelseslag;
DN<1000mm Pukk 4-16mm
DN=>1000mm Pukk 20-120mm
til min. 300mm over utvendig topp rør
- 3 Tilbakefyllingsmasser;
beste del av utgravde masser.
Maks. steinstørrelse 300mm

Tykkelser og massetyper er rettledeende iht VA-miljøblad nr6.

Ekstra overdekning er lagt til for å simulere vann- og spillvannsledninger. Beskrevet i rapport.

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høydereferansesystem: NN2000

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	00			----	A00
ENTREPRISE					

NO	DD	MM	YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATO	RETTTELSEN GJELDER			DIS.LED	SAKS.BH	KONTR	GODKJ.

Tegnet av

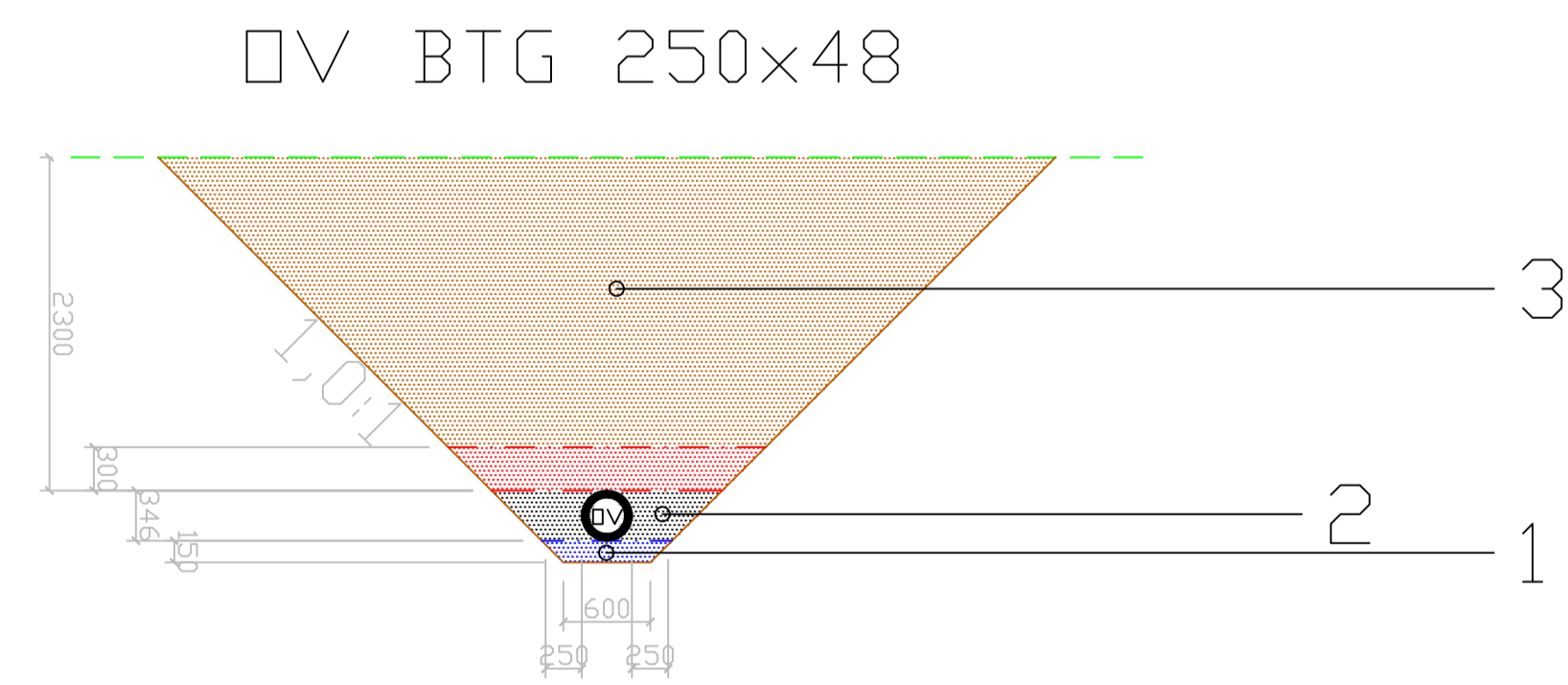
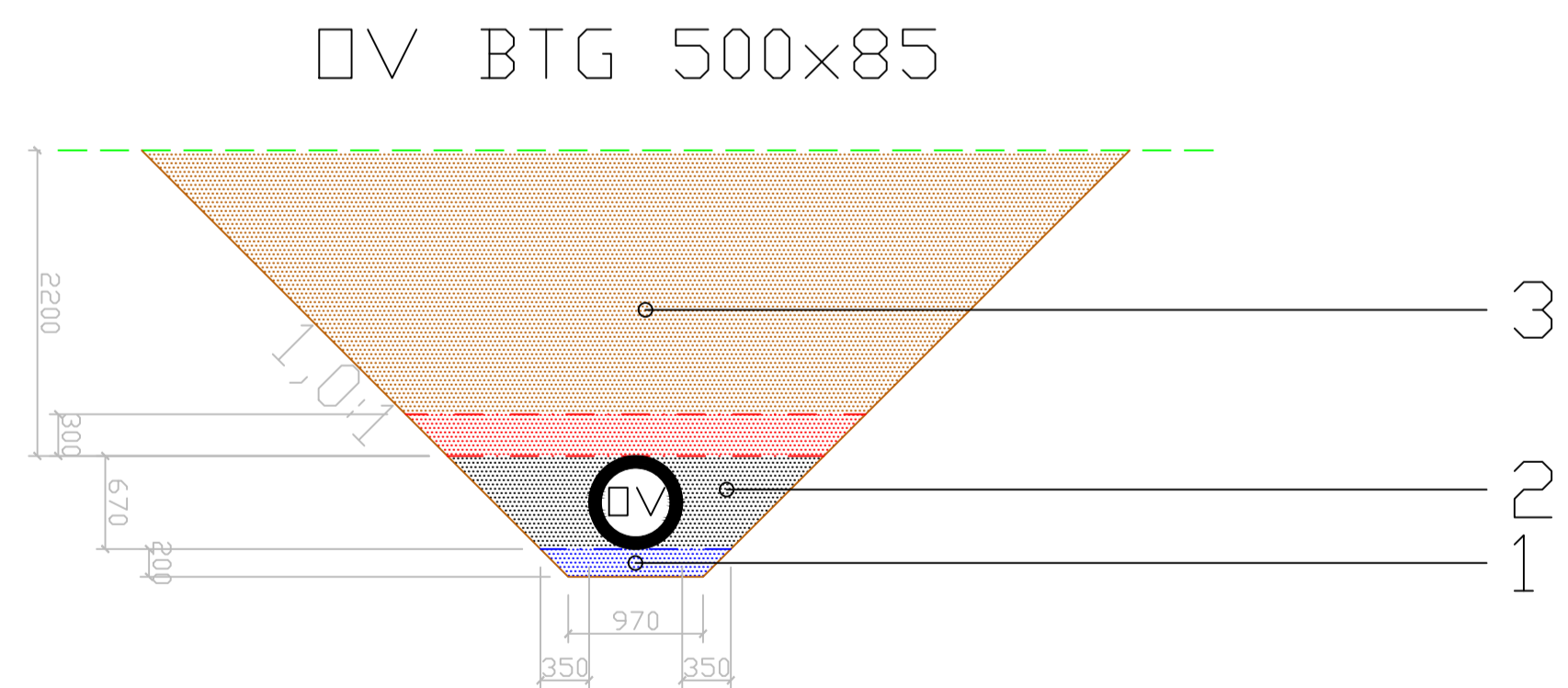
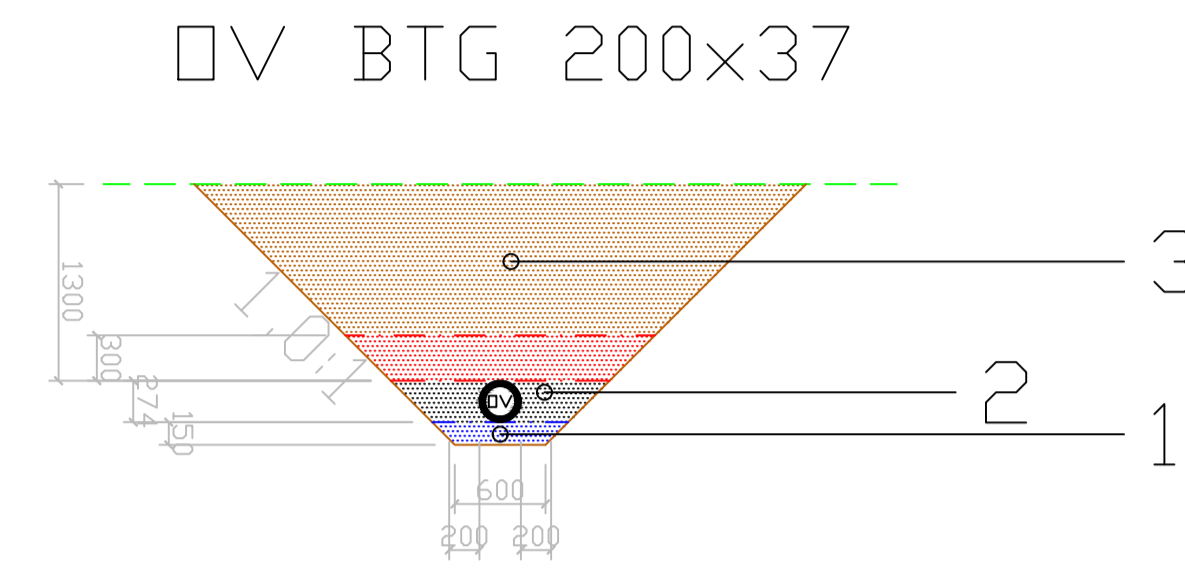
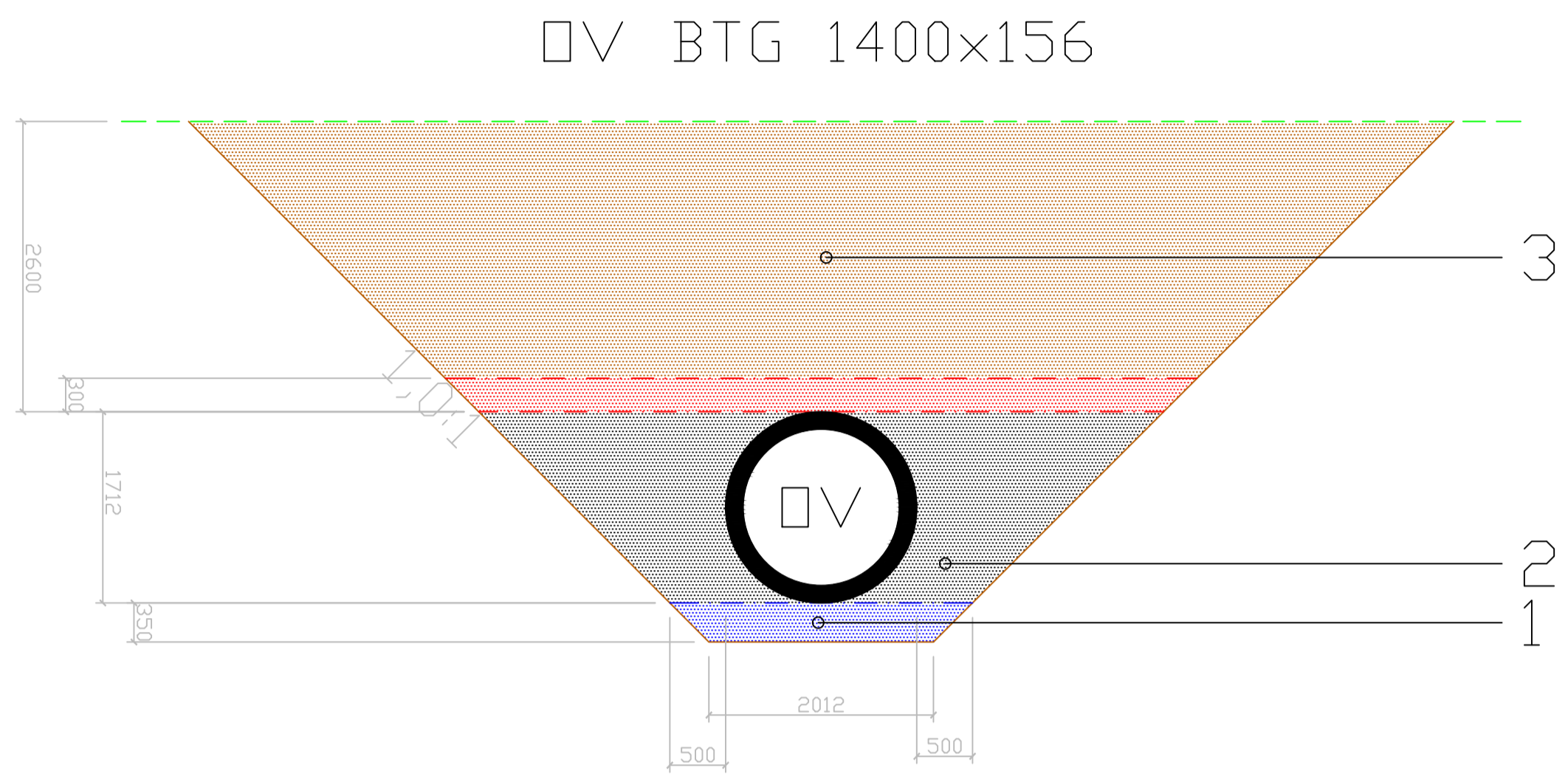
Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN Bacheloroppgave	FASE Levering	OPPRETTET DATO 24.04.2021
---------------------------------	------------------	------------------------------

ORIGINAL FORMAT: A1 MALESTOKK: 1:50

Grøftesnitt - prinsipp

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VA	GH116	A00	



MERKNADER

- Rørfundament;
Løsmasser:
DN<400: min. 150mm, Pukk 4-16mm
400<=DN<1200 : min. 200mm, Pukk 4-16mm
1200<=DN<2000: min. 350mm, Pukk 4-16mm
- Sidefylling/beskyttelseslag;
DN<1000mm Pukk 4-16mm
DN =>1000mm Pukk 20-120mm
til min. 300mm over utvendig topp rør
- Tilbakefyllingsmasser;
beste del av utgravde masser.
Maks. steinstørrelse 300mm

Tykkelser og masstyper er rettledeende iht VA-miljøblad nr6.

Ekstra overdekning er lagt til for å simulere vann- og spillvannsledninger. Beskrevet i rapport.

HENVISNINGER

Koordinatsystem: NTN Sone 5
Høydereferansesystem: NN2000

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
---	---	00		----	A00
ENTREPRISE					

NO	DD	MM	YYYY	ABC	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
REV.	DATO	RETTELSEN GJELDER			DISLED	SAKSBH	KONTR	GODKJ

Tegnet av

Joakim Skjelde og Marius Evanger Voss

PROSJEKTNAMN Bacheloroppgave	FASE Levering	OPPRETTET DATO 24.04.2021
ORIGINAL FORMAT: A1		MALESTOKK: 1:50

Grøftesnitt - prinsipp

NUMMER	BYGGKODE	ETASJE	FAG - BYGN.D.TAB	TYPE TEGN - LØPENUM	REV.
2021	00	VA	GH117	A00	

Tabell 7.5 Oversikt over overvannstiltak

Tiltak	Tiltaksgruppe: 1-Infiltrasjon 2-Fordrøyning 3-Avledning	Beskrivelse
PÅ BYGNINGER		
Frakobling av takrenner	1, 2	Takvann frakobles ledningsnett, vann ledes ut på plen/ bepanting eller infiltrasjons-/fordrøyningstiltak på bakken.
Grønne tak	(1), 2	Et grønt tak er et tak dekket med vegetasjon bestående av sedum, moser, stauder, busker eller trær.
Grønne vegger	2	Klatreplanter plantet i bakken eller i beholder på egen vegg.
PÅ BAKKEN		
Infiltrasjonssone/-grøft	1, 2 (3)	En infiltrasjonssone er en langstrakt, kunstig bygget infiltra- sjonssone i områder med dårlige naturlige infiltrasjons- forhold (tette masser). Kan også brukes som flomvei.
Tørr renne, trasé	2, 3	Konstruert fast grøft med eller uten vegetasjon til fordrøyning og avledning av overvann.
Regnbed	1, 2	Regnbed er en beplantet forsenkning i terrenget som tilføres overvann på overflaten for fordrøyning, infiltrasjon og rensing.
Terskler med strupet utløp	2, 3	Innsnevret overløp som holder tilbake overvann.
Infiltrasjonsbasseng	1, 2	Et infiltrasjonsbasseng er et åpent basseng som kombinerer magasinering av overvann på overflaten og infiltrasjon i grunnen.
Overvannsdam	2	Et basseng med permanent vannspeil (tørrvæsvolum). I tillegg har bassenget et volum til fordrøyning av avrenning.
Våtmark	2	Grunne bassenger (dybde 0,2-0,5 m) betegnes som våtmark eller våtmarksfilter og har normalt et tett vegetasjonsdekke.
Filterbasseng	1, 2	Et filterbasseng fungerer i prinsippet på samme måte som en infiltrasjonssone eller et regnbed. Filterbassenget ivaretar fordrøyning og rensing, og etableres vanligvis som sentrale anlegg.
Åpent, tørt fordrøyningsbasseng	1, 2, 3	Bassenget skal redusere faren for oversvømmelse og begrense flompåvirkningen i vassdrag ved å midlertidig tilbakeholde et vannvolum fra en nedbørepisode ved at bassenget har en redusert utløpskapasitet (strupet utløp).




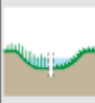
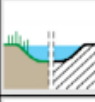





Lukket fordrøyningsbasseng	1, 2	Funksjonen er den samme som for åpent, tørt fordrøyningsbasseng med den forskjell at vannet samles i et lukket underjordisk basseng.
Gjenåpning av bekk	(1, 2), 3	Åpne bekk som tidligere har gått i rør eller kulvert. Restaurering av flomsletter/ flomløp vil bidra til fordrøyning og infiltrasjon.
Beholde infiltrerbare flater	1, 2	Spare naturlig vegetasjon, beskytte infiltrasjonsstedet.
Skape infiltrerbare flater, åpne opp tette flater	1, 2	Riv ubebodde hus, fjern tette flater, erstatte eksisterende tette overflatemasser med infiltrasjonsmateriale.
Vegetasjonskledte elv- og bekkedrag	1, 2, 3	Vegetasjonsdekkede areal langs bekker og elver.
Permeable dekker	1, 2	Overflatedekket er permeabelt slik at overvann kan sige ned i grunnen (åpne fuger/grasdekke).
Redusert bruk av kantstein	2	Føre vann fra faste flater direkte til vegeterte, infiltrerbare arealer.
Permanent forbygning	3	Flomvoll eller flomvegg.
Midlertidig forbygning	3	Gjerder, sandsekker, andre sperrer som settes opp før varslet flom.
Sikring av byggverk	3	Heve hus over gatenivå, hindre vann å renne inn (lage terskel, installere tilbakeslagsventil, tette og forsterke byggverk o.l), unngå kjeller, eventuelt bygge hus som tåler vann i første etasje.
Tiltak på private stikkledninger	3	Separering av stikkledninger, for å unngå tilbakeslag av avløpsvann til kjeller.
Tiltak på offentlige overvannsledninger	3	Utskifting av ledninger pga. kapasitet, eller fordrøyning av overvann.
Tiltak på fellesledninger	3	Separering i overvann- og spillvannsledninger eller en større fellesledning.
Tiltak på pumpestasjon og renseanlegg	3	Oppgradering av anlegg for å håndtere økte mengder overvann.
Trær og annen vegetasjon	1, 2	Holder tilbake vann ved intersepsjon og med forbruk av vann gjennom evapotranspirasjon.

Kilde: Gjengitt, med noen små justeringer, etter Vista Analyse (2015b).

Kilder

Vista analyse AS. (2015). *Kostnader og nytte ved overvannstiltak*. Oslo: Vista analyse AS.

VEDLEGG 3: Blågrønn faktor (BGF)

Oslo		BLÅGRØNN FAKTOR FOR BOLIGER I OSLO (BGF-OSLO)			
Prosjekttittel	Adresse (vei-/gatenavn og -nummer)	Tomteareal m ²	Dag	Måned	År
Fyll inn	Fyll inn	0	Dag	Måned	År
Tiltak	Beskrivelse	Areal/stk	Verdi	BGF	
TERRENG OG FLATER		Areal m ²	Verdi pr m ²		
 Grønt terreng	Dette er nye og eksisterende begrodde flater som gressplen, hagemark og tilsvarende på naturlig eller naturlig grunn som ikke er underbygd. Naturlig fjell med oppsprukket overflate inngår. Overvann skal kunne trekke raskt ned i grunnen og ned til grunnvannet, og uteoppholdsarealer skal være velegnet for bruk innen ett døgn etter regn.	0	1	0,00	
 Grønne tak	Grønne tak er vegetasjon som gress o.l. som vokser i jord på tak som takhage eller grøntanlegg på lokk i gårdsrom over garasjeanlegg og tilsvarende. Overvann skal kunne trekke raskt ned i jorden, og uteoppholdsarealer være velegnet for bruk innen ett døgn etter regn. Jordlag med dybde over 80 cm har tiltaksverdi 0,9. Jordlag mellom 40 og 79 cm har tiltaksverdi 0,7. Jordlag mellom 2 og 39 cm har tiltaksverdi 0,4.	0	0,9	0,00	
		0	0,7	0,00	
		0	0,4	0,00	
 Grønne vegger	For klatreplanter og andre grønne vegger regnes veggarealet som er tilrettelagt og forventes å være dekket i løpet av fem år. Det kan ikke regnes areal over den tilrettelagte høyden og bredden, og maksimalt inntil ti høydemeter for klatreplanter som er plantet i jord. Jorda skal ha god dybde og volum.	0	0,4	0,00	
 Terreng-forsenkning	Terrengforsenkning er en fordypning i terreng eller flate, i form av lekeplass, torg o.l., som er opparbeidet for uteopphold, der overvann kan fordrøyes. Overvannet i forsenkningen tømmes primært ved infiltrasjon, sekundært gjennom strupet avløp til avløpsnett. Fordypningen skal være velegnet for uteopphold, lek og lignende innen ett døgn etter regn. Minstedybde er 20 cm.	0	1	0,00	
 Regnbed og vadi	Regnbed og vadier er blågrønne fordypninger for oppsamling og infiltrasjon av overvann. Regnbed skal være frodige og variert beplantet, og de er særlige egnet for infiltrasjon. Vadier er beplantet, og de er velegnet for oppsamling og avledning. Vann skal infiltreres innen tre timer i regnbed og infiltreres eller ledes vekk innen ett døgn i vadier. Verdien for regnbed er 4 og for vadier 1.	0	4	0,00	
		0	1	0,00	
 Dam med permanent vannspeil	Dette er dammer, med eller uten vegetasjon, der overvann fordrøyes. Permanent betyr at det skal være vannspeil mer enn halve året, og dette forutsetter at det etterfylles med magasinert overvann ved behov. Minstedybde er 20 cm.	0	2	0,00	
 Delvis åpne flater	Delvis åpne overflater sørger for infiltrasjon til grunnen, for eksempel gjennom grus, singel eller betongstein for gressmering. Infiltrasjonen forutsetter et underliggende settelag og jordvolum som lar vannet infiltrere og renne unna.	0	0,3	0,00	
 Tette flater med avrenning til regnbed o.l.	Dette inkluderer tette flater som betong, asfalt og takflater, her inngår f.eks. grønne lokk og -tak, der vannet ledes videre til infiltrasjons- og fordrøyningsflater på terreng, for eksempel til regnbed e.l. Det er en forutsetning at tiltaket som mottar vannet, har tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet.	0	0,2	0,00	
			Delsum BGF: 0,00		
TRÆR OG BUSKER		Stykk	Verdi pr stk		
 Eksisterende trær	Det skiller på store og små trær ut fra dagens omkrets på stammen målt én meter over terrenget. Hvis trærne har omkrets på mer enn 90 cm, får de en verdi på 25 per stk. Hvis trærne har omkrets under 90 cm, får de en verdi på 12,5 per stk.	0	25	0,00	
		0	12,5	0,00	
 Nye trær	Det skiller på store og små trær ut fra fremtidig høyde på trær. Trær som blir høyere enn ti meter, regnes med verdi på 10 per stk. Trær som blir lavere enn ti meter, regnes med verdi på 5 per stk.	0	10	0,00	
		0	5	0,00	
		Areal m ²	Verdi pr m ²		
 Busker	Tiltaket omfatter felt med busker, hekker, stauder og bunndekker. Arealet regnes i kvadrater: for utbredelse av kroner på busker og hekker, og for plantefelt med stauder og bunndekker. Både eksisterende og nye planter og felt regnes med.	0	0,4	0,00	
			Delsum BGF: 0,00		
BLÅGRØNN STRUKTUR		Stykk	Verdi pr stk		
 Styrke blågrønn struktur	Tiltaket omfatter blå og grønne elementer på tomten som kobles til eksisterende blågrønn struktur utenfor tomten. Det oppnås 0,05 BGF pr. kobling, for inntil to sider av tomten.	0	0,05	0,00	
			Delsum BGF: 0,00		
Utarbeidet av Plan- og bygningsetaten. Versjon 11.12.2019		TOTAL BLÅGRØNN FAKTOR (BGF) 0,0			

Kilder

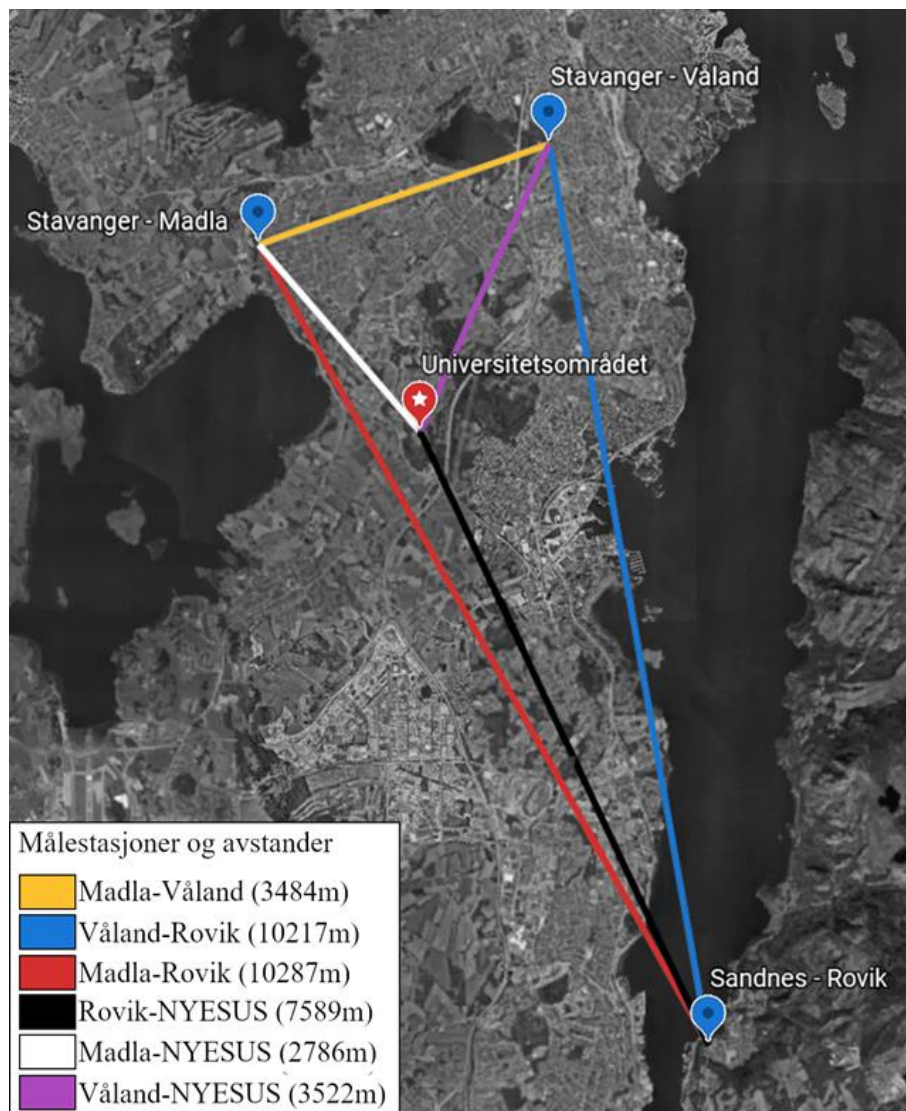
Plan- og bygningsetaten. (2020). *Blågrønn faktor for boliger i Oslo*. Oslo: Plan- og bygningsetaten.

VEDLEGG 4: IVF og målestasjoner

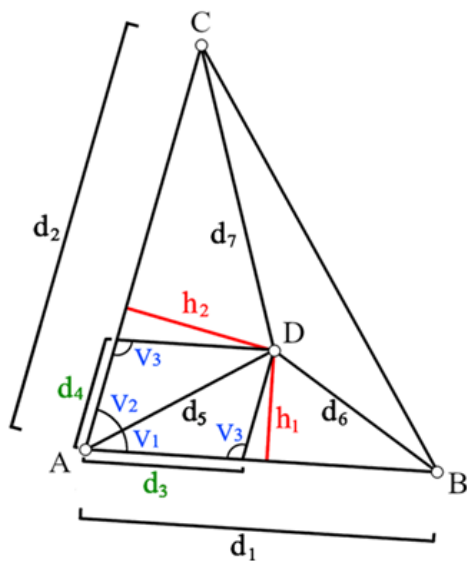
Tabellene og figurene I dette vedlegget er produsert i Photoshop, Google Earth og Excel.

Stavanger-Madla													
Gjentaksintervall	Min	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	120	180
20		490	423,5	372,8	296,2	203,2	164,2	156	122,8	86	70,1	52,2	39,3
50		560,9	484,6	426,9	340,5	232,9	188,9	183,4	144,5	100	80,8	61,5	45,7
Stavanger-Våland													
Gjentaksintervall	Min	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	120	180
20		402,4	341,6	303,4	275,1	212,4	173,9	151,4	112,7	86,6	71,9	44	35
50		449,1	381,3	338,3	312,7	245,5	200,7	175,7	130,6	100,6	83,6	50,8	40
Sandnes-Rovik													
Gjentaksintervall	Min	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	120	180
20		558,3	338,6	291,2	258,2	186,3	139,6	112,2	87	66,1	57,6	36,3	29,2
50		645,2	378,2	326,1	294,1	213,4	158,1	126,3	97,9	73,9	65	40,5	32,5

Tabell 1 Nedbørsintensitet (l/s*ha) ved de forskjellige målestasjonene



Figur 1 Oversikt over nærmeste målestasjoner i regionen



Herons formel

$$A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

$$s = \frac{a+b+c}{2}$$

Arealet til en trekant

$$A = 1/2 * h * b$$

$$h = 2 * A / b$$

Trigonometri

$$\sin \theta = \frac{\text{opposite}}{\text{hypotenuse}}$$

$$\cos \theta = \frac{\text{adjacent}}{\text{hypotenuse}}$$

$$\tan \theta = \frac{\text{opposite}}{\text{adjacent}}$$

Sinussetningen

$$\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} \left(= \frac{\sin C}{c} \right)$$

Figur 2 Formler benyttet for å finne parrallelforskøvet lengder

For å estimere nedbørs data I et punkt, kan man anta at nedbøren I dette punktet tilsvarer dataene gitt fra flere nærliggende målestasjoner, justeret relativt til deres avstander fra punktet. Måten dette gjennomføres er at man tar utgangspunkt i IVF verdiene gitt fra en av målestasjonene, og deretter legger til forskjellen mellom verdiene gitt fra de andre målestasjonene, multiplisert med den relative distansen fra målestasjonen til punktet. For å sikre at beregningene blir nøyaktige er det mulig å sjekke resultatene ved å ta utgangspunkt og forskyve verdiene fra flere av målestasjonene som undersøkes, da i dette tilfellet Madla- og Våland. Forskyvningen vil danne et parallellogram (se Figur 2) der den relative distansen mellom målestasjonene er forskyvningen (d_4 og d_3 i Figur 2) dividert med avstanden (d_1 og d_2 i Figur 2).

VEDLEGG 4: IVF og målestasjoner

Parallelogram beregning - Utgangspunkt Våland målestasjon		
Avstand	Verdi (m)	Forklaring
d_1	3484	Våland-Madla
d_2	10217	Våland-Rovik
d_3	3522	Våland-NYESUS
d_6	2786	Madla-NYESUS
d_7	7589	Rovik-NYESUS
Triangel 1	d_5, d_6 og d_1	
S	4896	
A	4476851	
H	2570	
V_1	46,86	
V_3	98,49	
d_4	2598	Relativ forskyvning fra Våland-Rovik
Triangel 2	d_6, d_7 og d_2	
S	10664	
A	10231665	
H	2003	
V_2	34,65	
V_3	98,49	
d_3	2025	Relativ forskyvning Våland-Madla
Relativ distanse		
d_7/d_1	0,58	Forskyvning mot Madla
d_7/d_2	0,25	Forskyvning mot Rovik

Tabell 2 Parallelogram beregning, med utgangspunkt i målestasjon på Våland

Parallelogram beregning - Utgangspunkt Madla målestasjon		
Avstand	Verdi (m)	Forklaring
d_1	3484	Madla-Våland
d_2	10287	Madla-Rovik
d_3	2786	Madla-NYESUS
d_6	3522	Våland-NYESUS
d_7	7589	Rovik-NYESUS
Triangel 1	d_5, d_6 og d_1	
S	4896	
A	4476851	
H	2570	
V_1	67,28	
V_3	100,36	
d_4	2613	Relativ forskyvning fra Våland-Rovik
Triangel 2	d_6, d_7 og d_2	
S	10331	
A	3066626	
H	596	
V_2	12,36	
V_3	100,36	
d_3	606	Relativ forskyvning Våland-Madla
Relativ distanse		
d_7/d_1	0,17	Forskyvning mot Madla
d_7/d_2	0,25	Forskyvning mot Rovik

Tabell 3 Parallelogram beregning, med utgangspunkt i målestasjon på Madla

VEDLEGG 4: IVF og målestasjoner

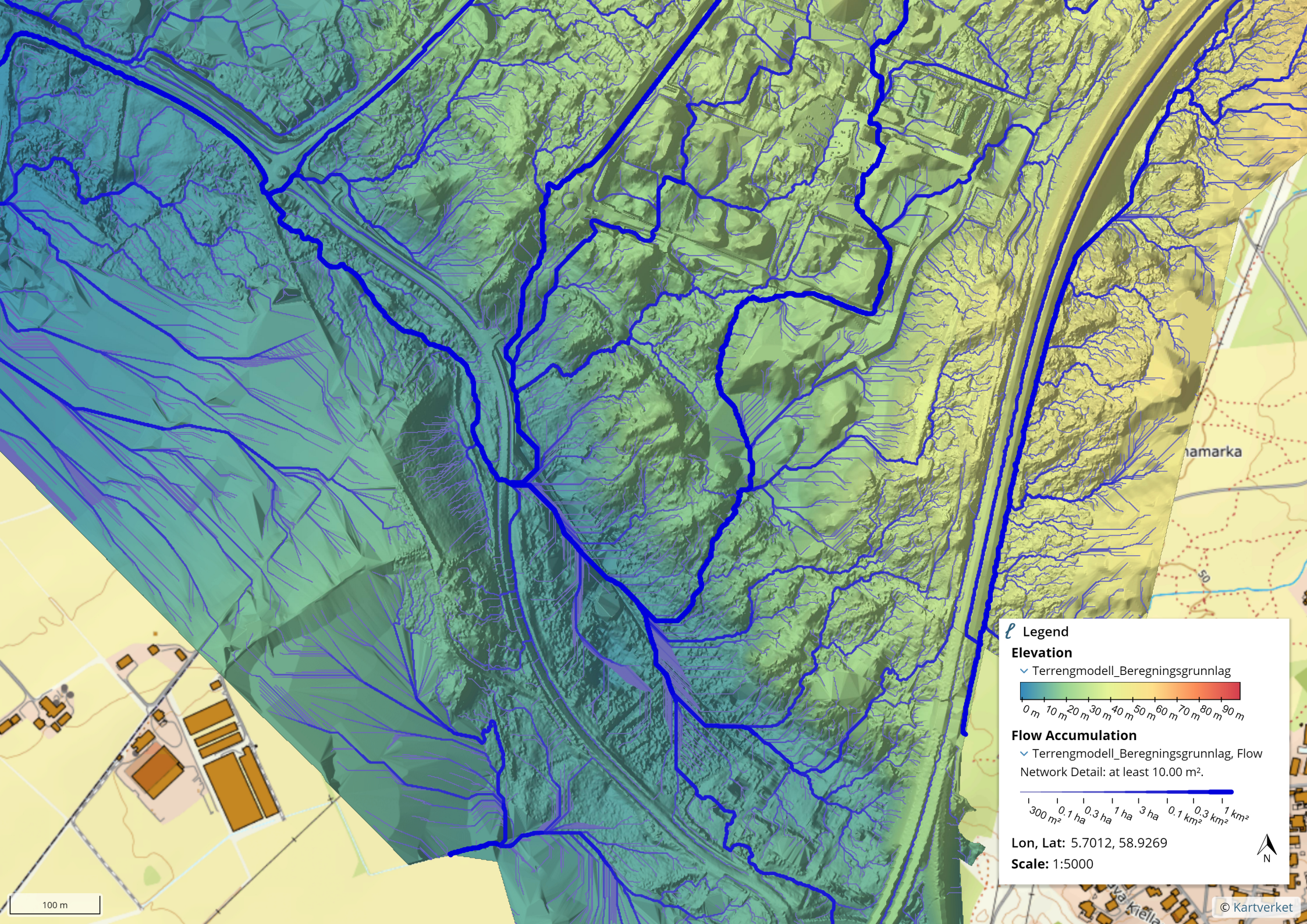
	Min	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	120	180
Utgangspunkt Våland													
Forskjell Madla - Våland													
20		87,6	81,9	69,4	21,1	-9,2	-9,7	4,6	10,1	-0,6	-1,8	8,2	4,3
50		111,8	103,3	88,6	27,8	-12,6	-11,8	7,7	13,9	-0,6	-2,8	10,7	5,7
Forskjell Våland - Rovik													
20		155,9	-3,0	-12,2	-16,9	-26,1	-34,3	-39,2	-25,7	-20,5	-14,3	-7,7	-5,8
50		196,1	-3,1	-12,2	-18,6	-32,1	-42,6	-49,4	-32,7	-26,7	-18,6	-10,3	-7,5
Utgangspunkt Madla													
Forskjell Våland - Madla													
20		-87,6	-81,9	-69,4	-21,1	9,2	9,7	-4,6	-10,1	0,6	1,8	-8,2	-4,3
50		-111,8	-103,3	-88,6	-27,8	12,6	11,8	-7,7	-13,9	0,6	2,8	-10,7	-5,7
Forskjell Madla - Rovik													
20		68,3	-84,9	-81,6	-38,0	-16,9	-24,6	-43,8	-35,8	-19,9	-12,5	-15,9	-10,1
50		84,3	-106,4	-100,8	-46,4	-19,5	-30,8	-57,1	-46,6	-26,1	-15,8	-21,0	-13,2
Relativ differanse - utgangspunkt Våland													
20		90,6	46,8	37,2	8,0	-12,0	-14,4	-7,3	-0,7	-5,6	-4,7	2,8	1,0
50		114,9	59,3	48,4	11,4	-15,5	-17,7	-8,1	-0,2	-7,1	-6,4	3,6	1,4
Estimert IVF													
20		493,0	388,4	340,6	283,1	200,4	159,5	144,1	112,0	81,0	67,2	46,8	36,0
50		564,0	440,6	386,7	324,1	230,0	183,0	167,6	130,4	93,5	77,2	54,4	41,4
Relativ differanse - utgangspunkt Madla													
20		2,1	-35,8	-32,8	-13,3	-2,7	-4,6	-11,9	-10,8	-4,9	-2,9	-5,5	-3,3
50		2,0	-45,0	-41,0	-16,6	-2,8	-5,8	-15,8	-14,3	-6,5	-3,5	-7,2	-4,3
Estimert IVF													
20		492,1	387,7	340,0	282,9	200,5	159,6	144,1	112,0	81,1	67,2	46,7	36,0
50		562,9	439,6	385,9	323,9	230,1	183,1	167,6	130,2	93,5	77,3	54,3	41,4
Gjennomsnitt av estimert IVF													
20		492,5	388,1	340,3	283,0	200,5	159,6	144,1	112,0	81,0	67,2	46,8	36,0
50		563,4	440,1	386,3	324,0	230,1	183,1	167,6	130,3	93,5	77,3	54,4	41,4

Tabell 4 Estimert IVF for Universitetsområdet/NYESUS

	Min	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	120	180	Snitt
Differanse fra estimert - IVF fra Madla målestasjon														
20		1,01	0,92	0,91	0,96	0,99	0,97	0,92	0,91	0,94	0,96	0,90	0,92	0,941
50		1,00	0,91	0,90	0,95	0,99	0,97	0,91	0,90	0,93	0,96	0,88	0,91	0,935
Differanse fra estimert - IVF fra Våland målestasjon														
20		1,22	1,14	1,12	1,03	0,94	0,92	0,95	0,99	0,94	0,94	1,06	1,03	1,023
50		1,25	1,15	1,14	1,04	0,94	0,91	0,95	1,00	0,93	0,92	1,07	1,03	1,029

Tabell 5 Forskjellen mellom den estimerte IVF-tabellen og IVF-tabellene fra målestasjonene

Tegningstype	Innhold	Målestokk
Depression free flow		
	Avrenning før utbygging	1:5000
	Avrenning etter utbygging	1:5000
	Avrenningslinjer VEG10000	1:2500
Flash flood mapping		
	Avrenningslinjer VEG11000	1:250
	Avrenningslinjer VEG60000	1:250
	Avrenningslinjer VEG61000	1:250
	Avrenningslinjer VEG62000	1:250
	Avrenningslinjer VEG63000	1:250
	Avrenningslinjer VEG64000	1:250
	Avrenningslinjer VEG65000	1:100
	Avrenningslinjer VEG70000	1:100
	Avrenningslinjer VEG71000	1:100
	Avrenningslinjer VEG80000	1:100



hamarka

Legend

Elevation

Terrengmodell_Beregningsgrunnlag

0 m 10 m 20 m 30 m 40 m 50 m 60 m 70 m 80 m 90 m

Flow Accumulation

Terrengmodell_Beregningsgrunnlag, Flow Network Detail: at least 10.00 m².

300 m² 0.1 ha 0.3 ha 1 ha 3 ha 0.1 km² 0.3 km² 1 km²

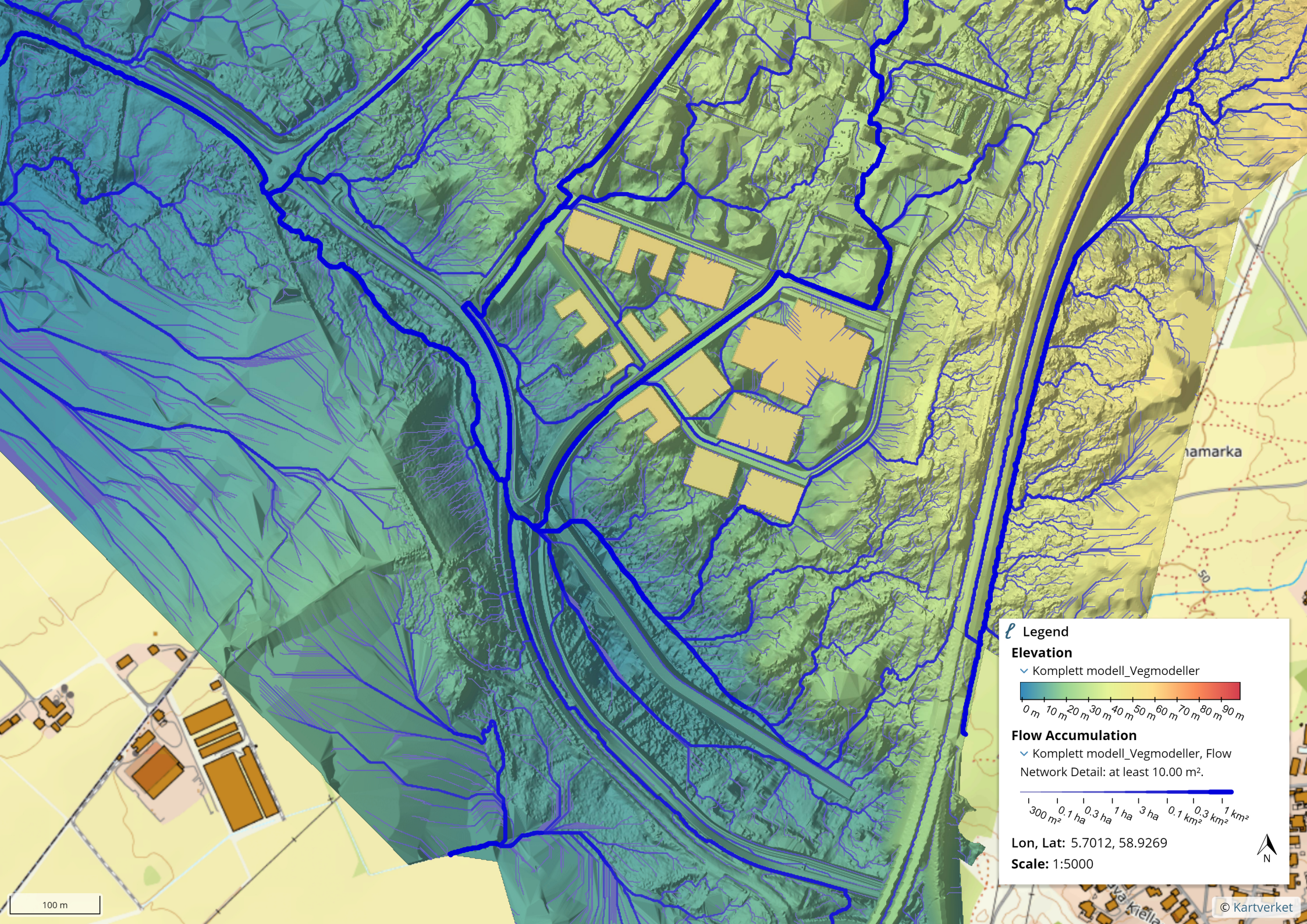
Lon, Lat: 5.7012, 58.9269

Scale: 1:5000

N

100 m

© Kartverket



hamarka

Legend

Elevation

✓ Komplet model_Vegmodeller

0 m 10 m 20 m 30 m 40 m 50 m 60 m 70 m 80 m 90 m

Flow Accumulation

✓ Komplet model_Vegmodeller, Flow Network Detail: at least 10.00 m².

300 m² 0.1 ha 0.3 ha 1 ha 3 ha 0.1 km² 0.3 km² 1 km²

Lon, Lat: 5.7012, 58.9269

Scale: 1:5000



100 m



Legend

Elevation

VEG10000_Komplett

10 m 15 m 20 m 25 m

Flow Accumulation

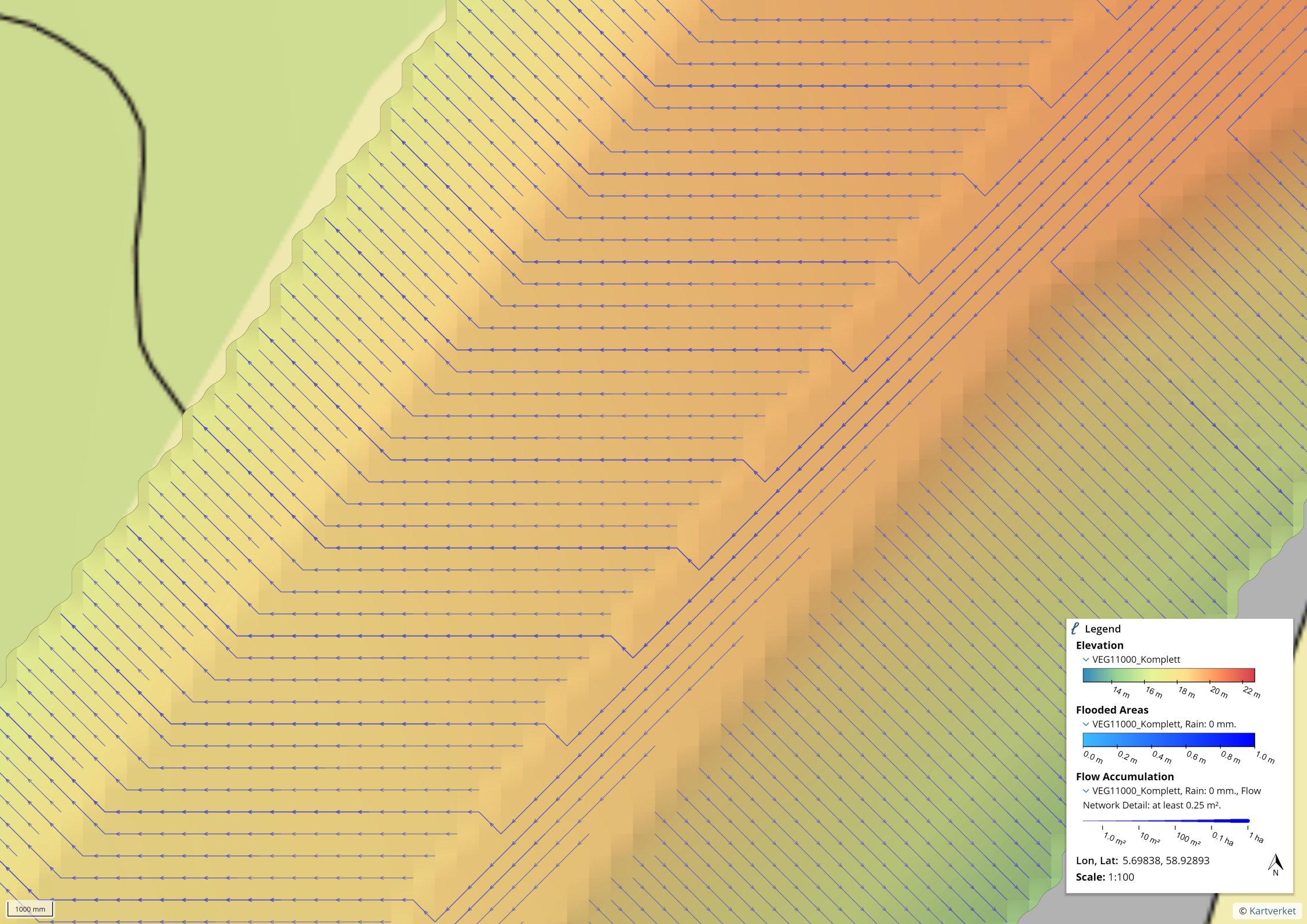
VEG10000_Komplett, Flow Network Detail:
at least 10.00 m².

100 m² 200 m² 500 m² 0.1 ha 0.2 ha 0.5 ha 1 ha

Lon, Lat: 5.7034, 58.9259

Scale: 1:2500

50 m



Legend

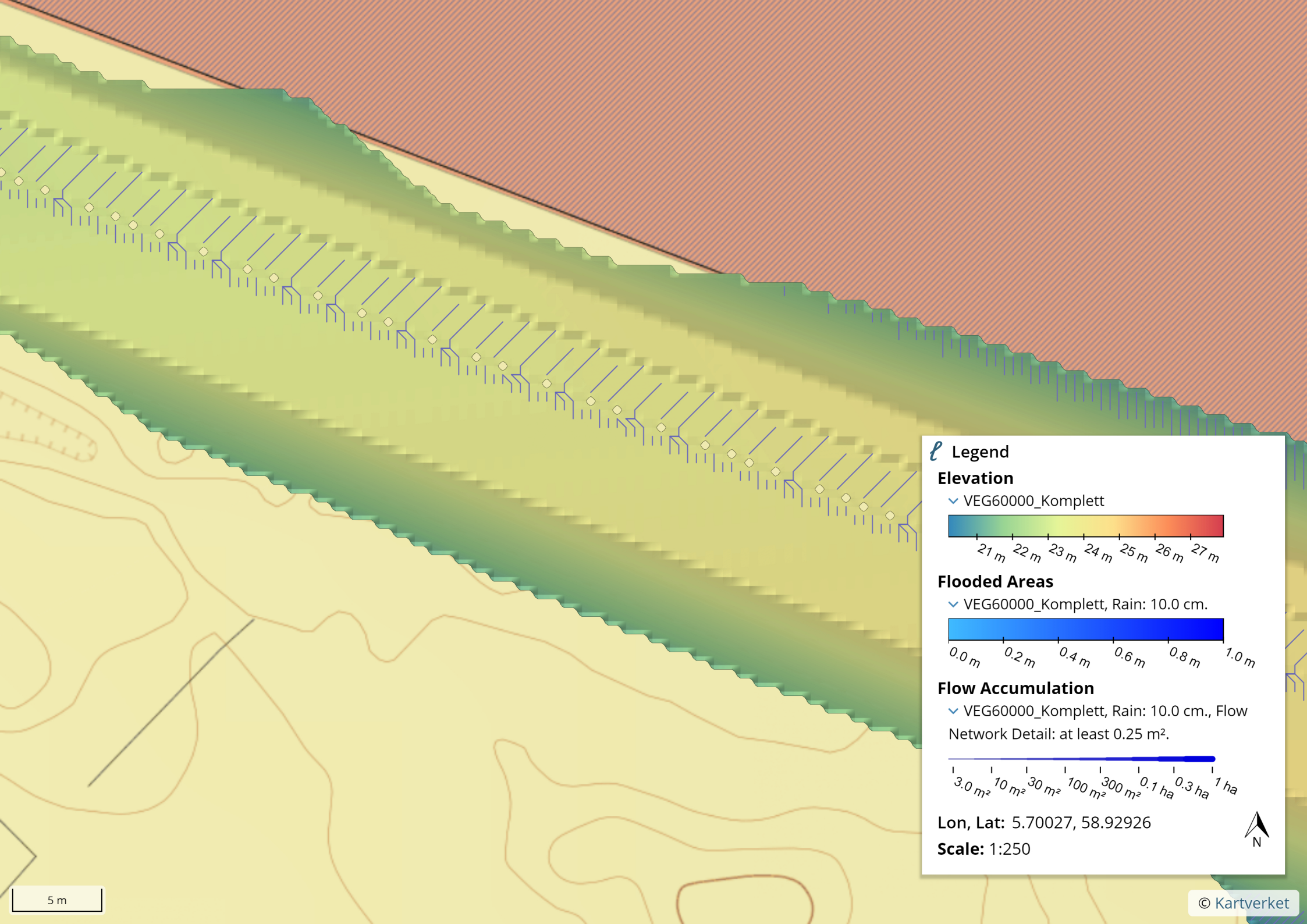
Elevation
VEG11000_Komplett
14 m 16 m 18 m 20 m 22 m

Flooded Areas
VEG11000_Komplett, Rain: 0 mm.
0,0 m 0,2 m 0,4 m 0,6 m 0,8 m 1,0 m

Flow Accumulation
VEG11000_Komplett, Rain: 0 mm., Flow Network Detail: at least 0.25 m².
1,0 m² 10 m² 100 m² 0,1 ha 1 ha

Lon, Lat: 5.69838, 58.92893
Scale: 1:100

1000 mm



Legend

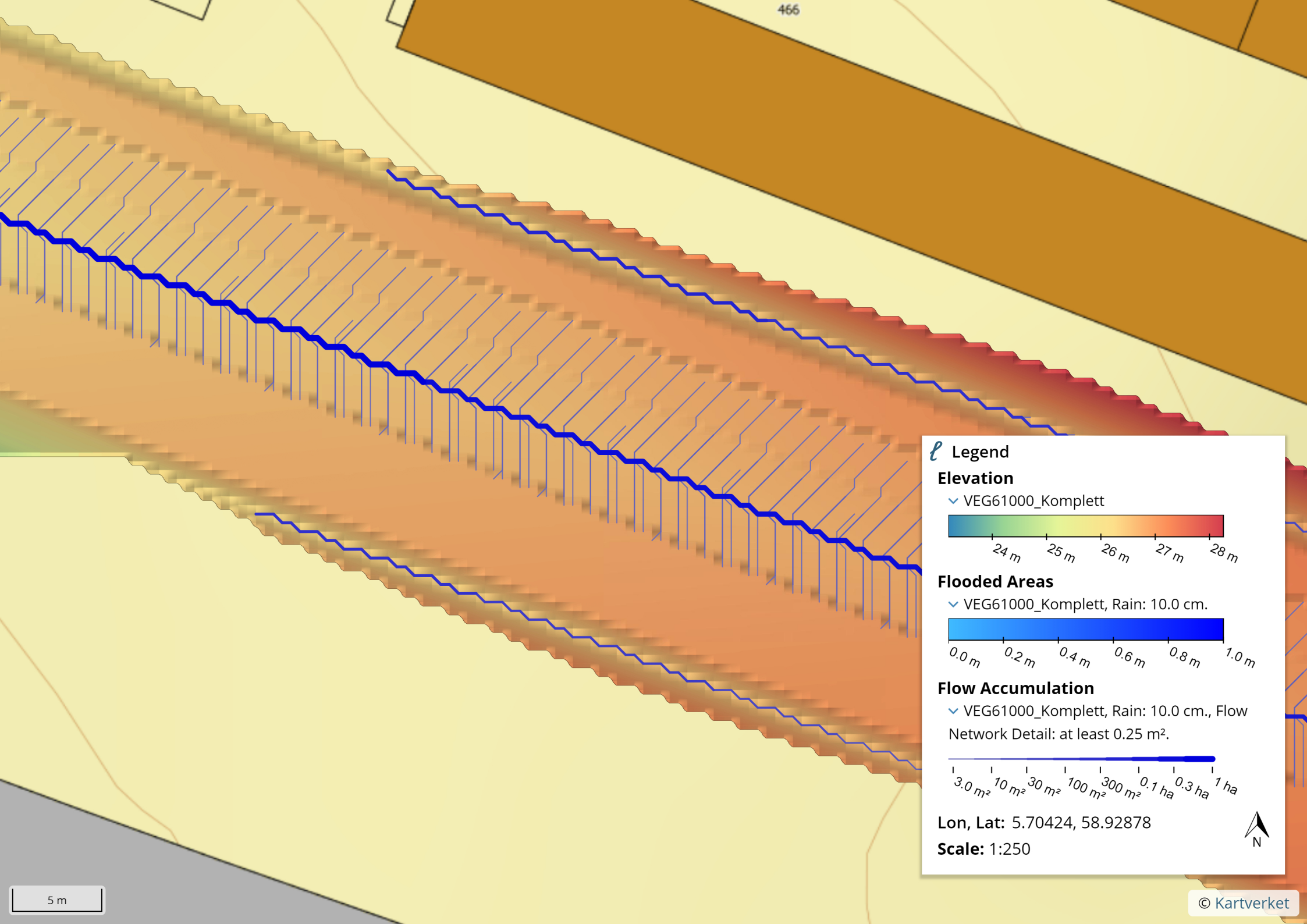
Elevation
✓ VEG60000_Komplett
21 m 22 m 23 m 24 m 25 m 26 m 27 m

Flooded Areas
✓ VEG60000_Komplett, Rain: 10.0 cm.
0.0 m 0.2 m 0.4 m 0.6 m 0.8 m 1.0 m

Flow Accumulation
✓ VEG60000_Komplett, Rain: 10.0 cm., Flow Network Detail: at least 0.25 m².
3.0 m² 10 m² 30 m² 100 m² 300 m² 0.1 ha 0.3 ha 1 ha

Lon, Lat: 5.70027, 58.92926
Scale: 1:250

5 m

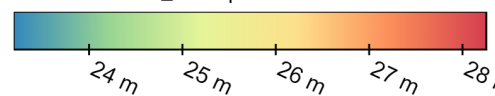


466

Legend

Elevation

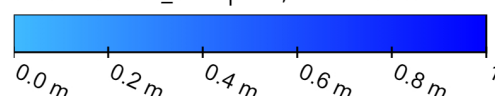
✓ VEG61000_Komplett



24 m 25 m 26 m 27 m 28 m

Flooded Areas

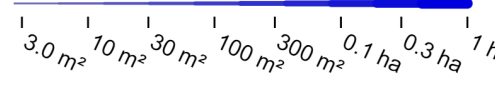
✓ VEG61000_Komplett, Rain: 10.0 cm.



0.0 m 0.2 m 0.4 m 0.6 m 0.8 m 1.0 m

Flow Accumulation


✓ VEG61000_Komplett, Rain: 10.0 cm., Flow Network Detail: at least 0.25 m².



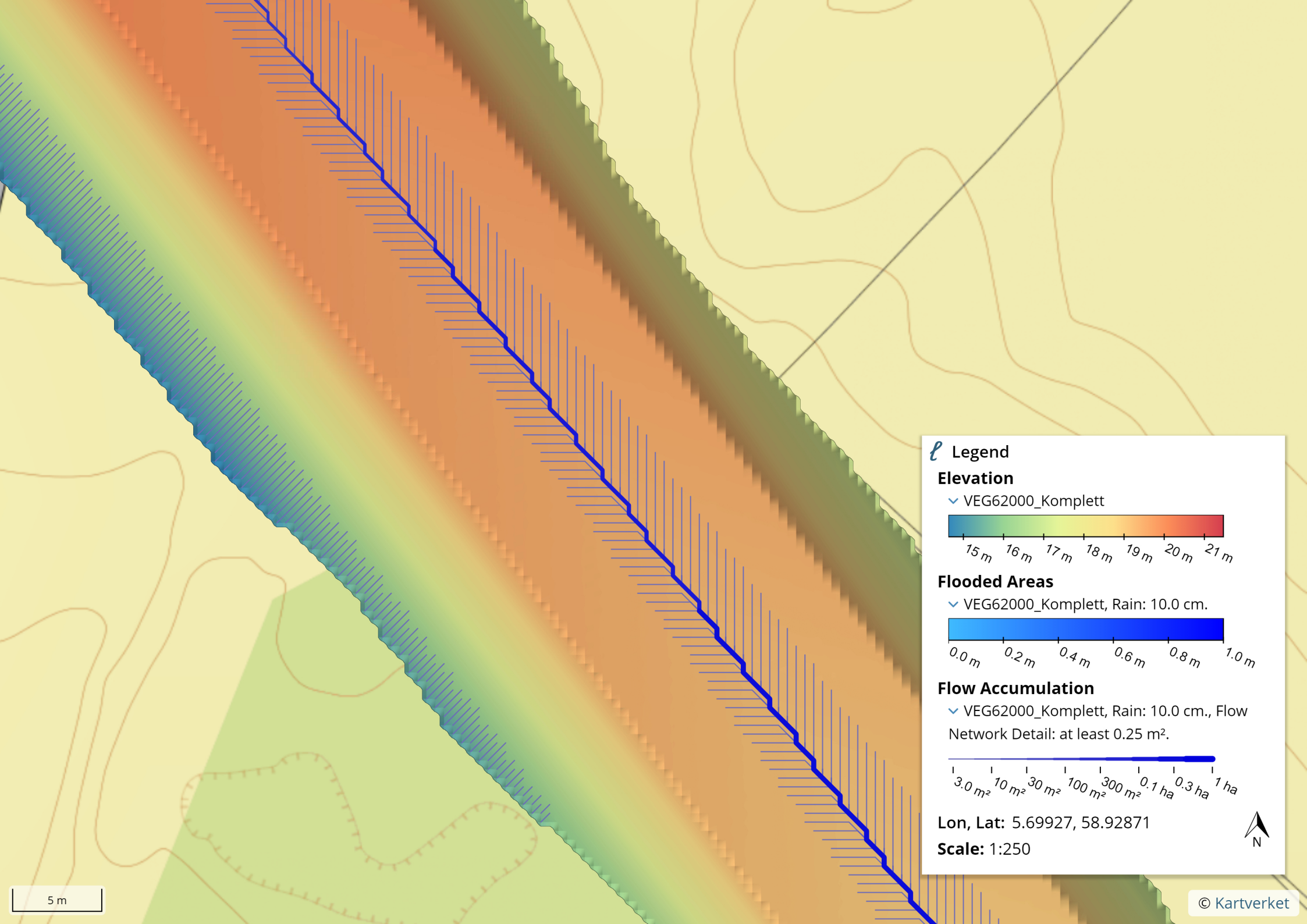
3.0 m² 10 m² 30 m² 100 m² 300 m² 0.1 ha 0.3 ha 1 ha

Lon, Lat: 5.70424, 58.92878

Scale: 1:250



5 m



Legend

Elevation

✓ VEG62000_Komplett

15 m 16 m 17 m 18 m 19 m 20 m 21 m

Flooded Areas

✓ VEG62000_Komplett, Rain: 10.0 cm.

0.0 m 0.2 m 0.4 m 0.6 m 0.8 m 1.0 m

Flow Accumulation

✓ VEG62000_Komplett, Rain: 10.0 cm., Flow Network Detail: at least 0.25 m².

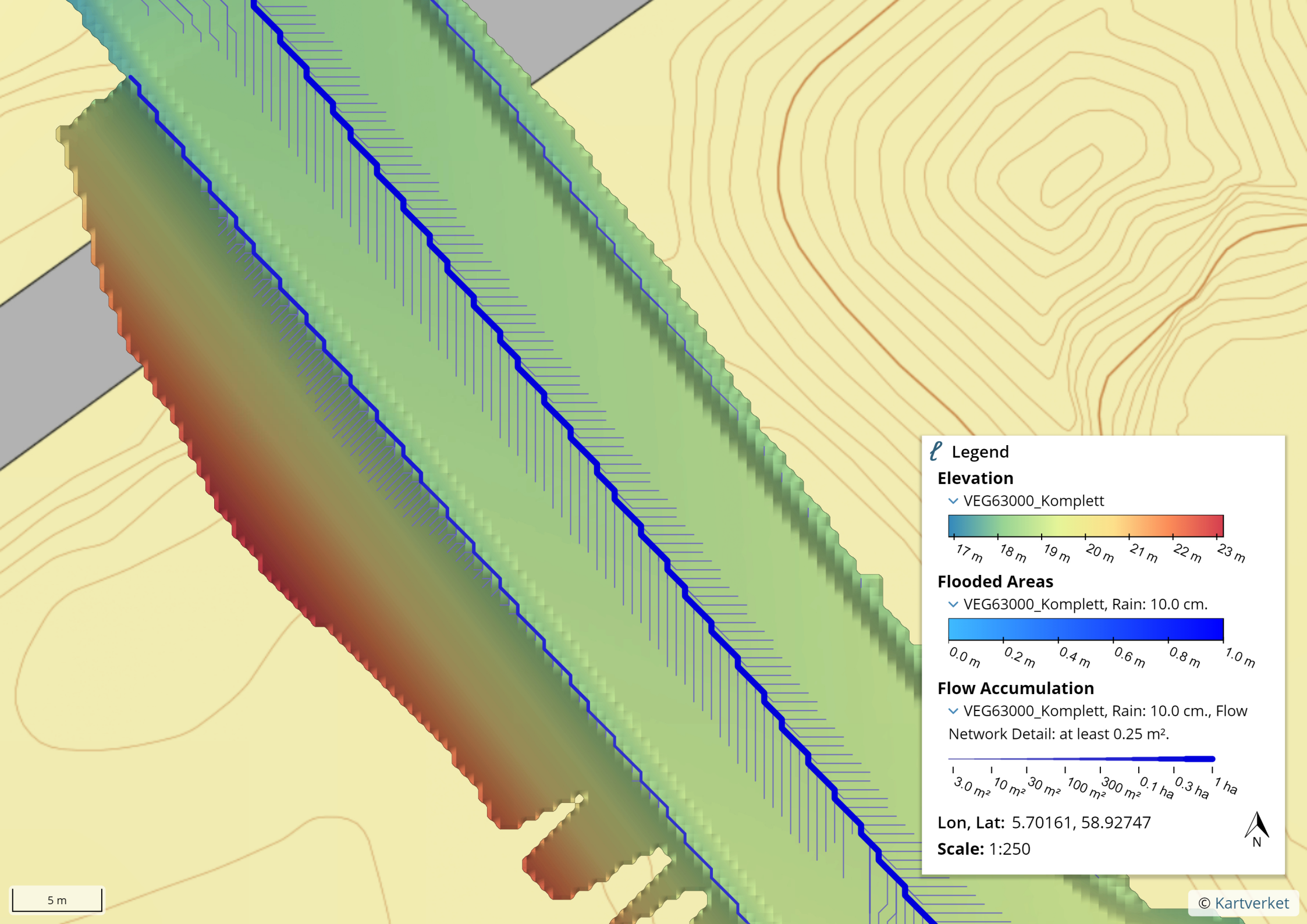
3.0 m² 10 m² 30 m² 100 m² 300 m² 0.1 ha 0.3 ha 1 ha

Lon, Lat: 5.69927, 58.92871

Scale: 1:250

N

5 m



Legend

Elevation

✓ VEG63000_Komplett

17 m 18 m 19 m 20 m 21 m 22 m 23 m

Flooded Areas

✓ VEG63000_Komplett, Rain: 10.0 cm.

0.0 m 0.2 m 0.4 m 0.6 m 0.8 m 1.0 m

Flow Accumulation

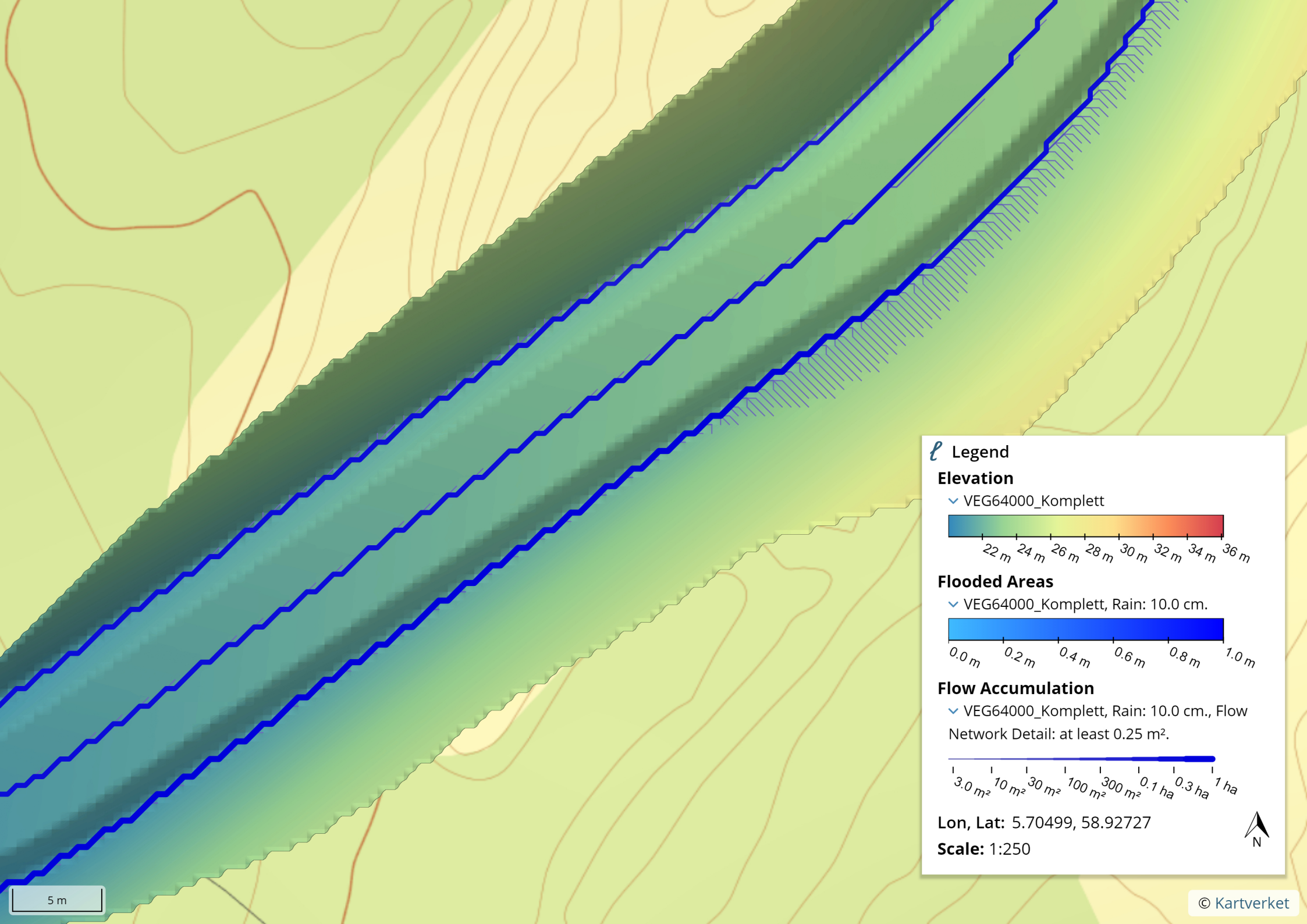
✓ VEG63000_Komplett, Rain: 10.0 cm., Flow Network Detail: at least 0.25 m².

3.0 m² 10 m² 30 m² 100 m² 300 m² 0.1 ha 0.3 ha 1 ha

Lon, Lat: 5.70161, 58.92747

Scale: 1:250


5 m



Legend

Elevation


▼ VEG64000_Komplett



22 m 24 m 26 m 28 m 30 m 32 m 34 m 36 m

Flooded Areas

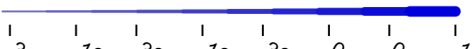
▼ VEG64000_Komplett, Rain: 10.0 cm.



0.0 m 0.2 m 0.4 m 0.6 m 0.8 m 1.0 m

Flow Accumulation

▼ VEG64000_Komplett, Rain: 10.0 cm., Flow Network Detail: at least 0.25 m².

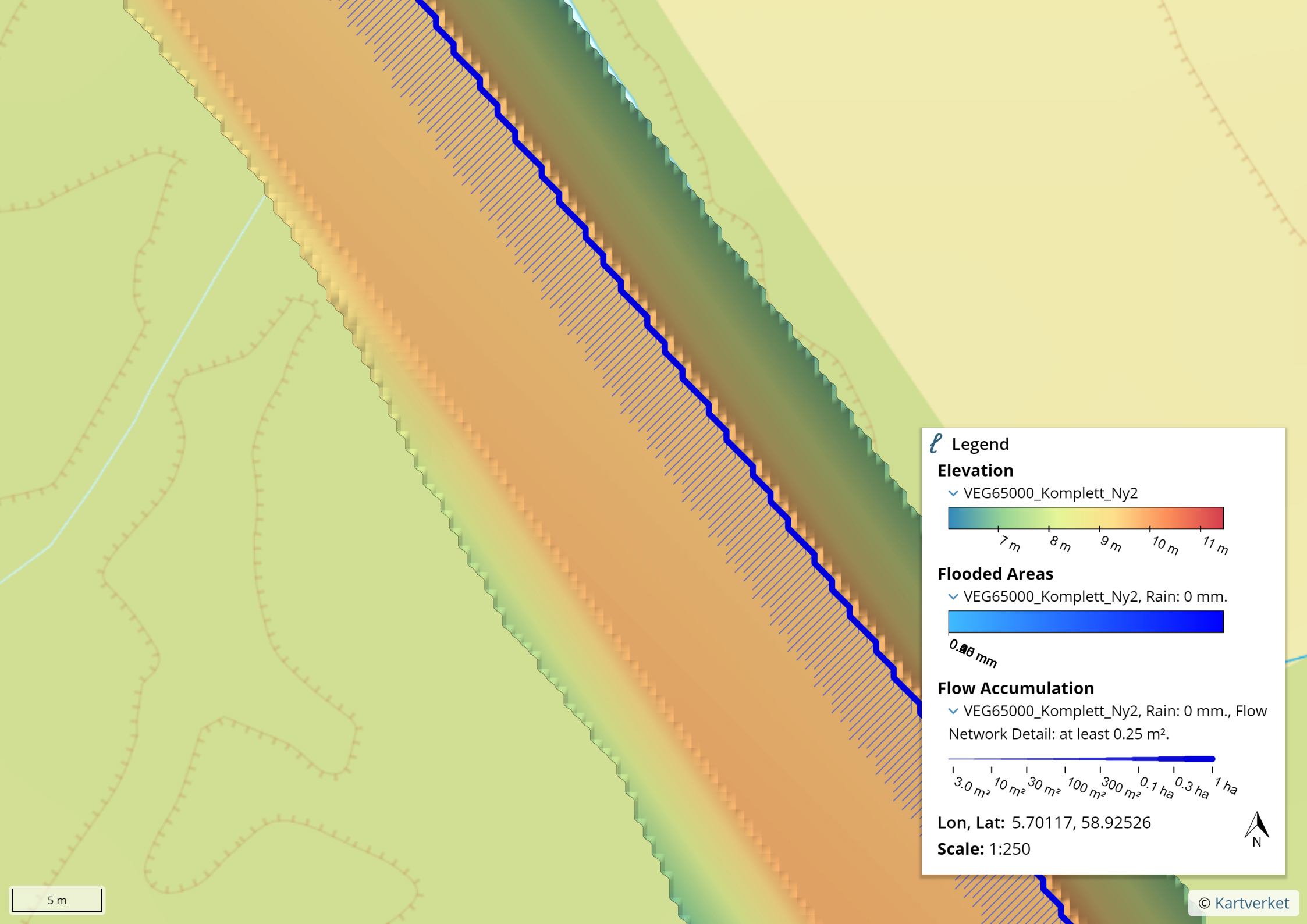


3.0 m² 10 m² 30 m² 100 m² 300 m² 0.1 ha 0.3 ha 1 ha

Lon, Lat: 5.70499, 58.92727


Scale: 1:250

5 m




Legend

Elevation
VEG65000_Komplett_Ny2



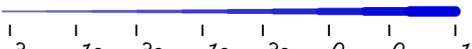
7 m 8 m 9 m 10 m 11 m

Flooded Areas
VEG65000_Komplett_Ny2, Rain: 0 mm.



0.06 mm


Flow Accumulation
VEG65000_Komplett_Ny2, Rain: 0 mm., Flow Network Detail: at least 0.25 m².



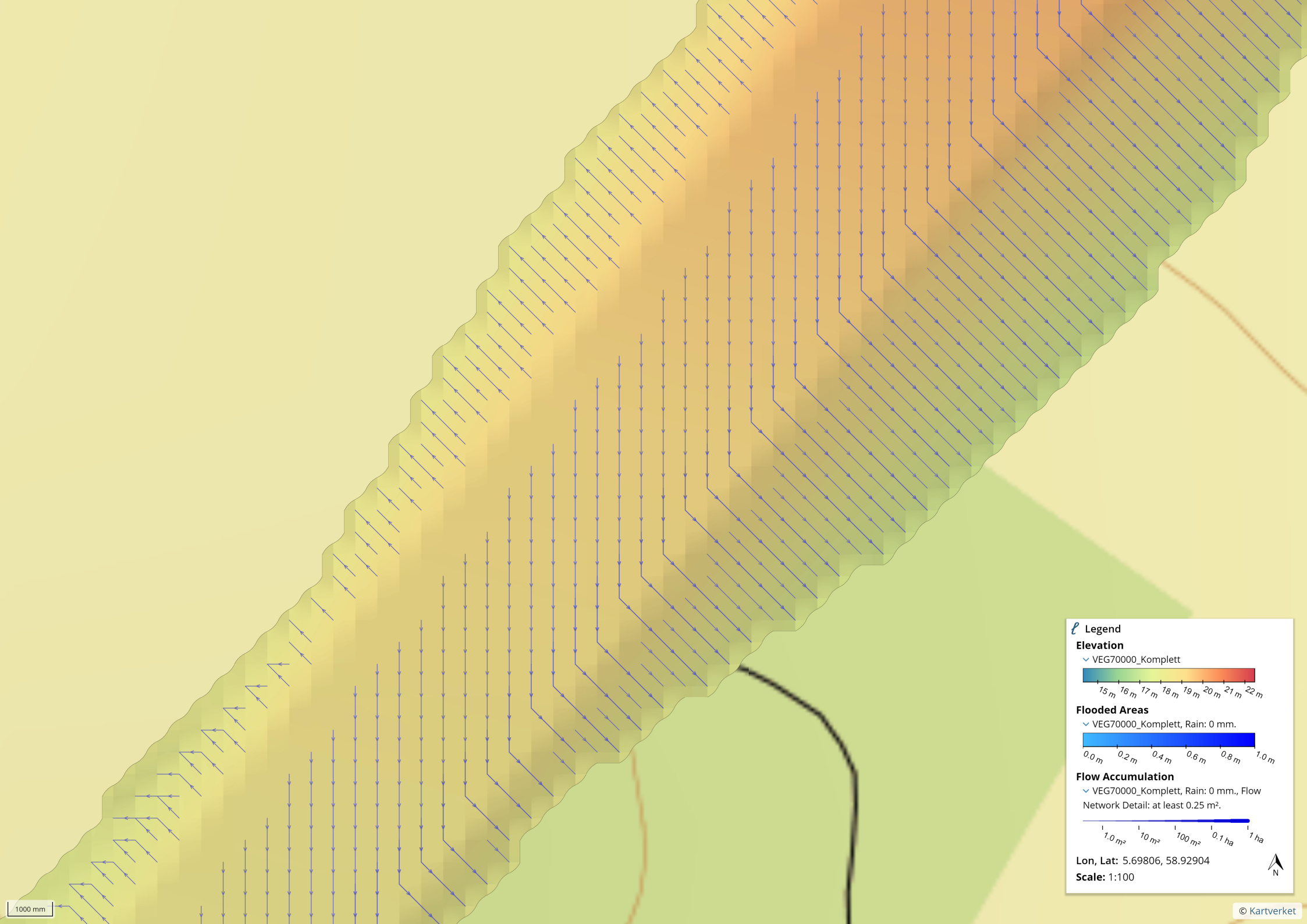
3.0 m² 10 m² 30 m² 100 m² 300 m² 0.1 ha 0.3 ha 1 ha

Lon, Lat: 5.70117, 58.92526

Scale: 1:250



5 m



Legend

Elevation
VEG70000_Komplett
15 m 16 m 17 m 18 m 19 m 20 m 21 m 22 m

Flooded Areas
VEG70000_Komplett, Rain: 0 mm.
0,0 m 0,2 m 0,4 m 0,6 m 0,8 m 1,0 m

Flow Accumulation
VEG70000_Komplett, Rain: 0 mm., Flow Network Detail: at least 0.25 m².
1,0 m² 10 m² 100 m² 0,1 ha 1 ha

Lon, Lat: 5.69806, 58.92904
Scale: 1:100

1000 mm

Madlaveien

Legend

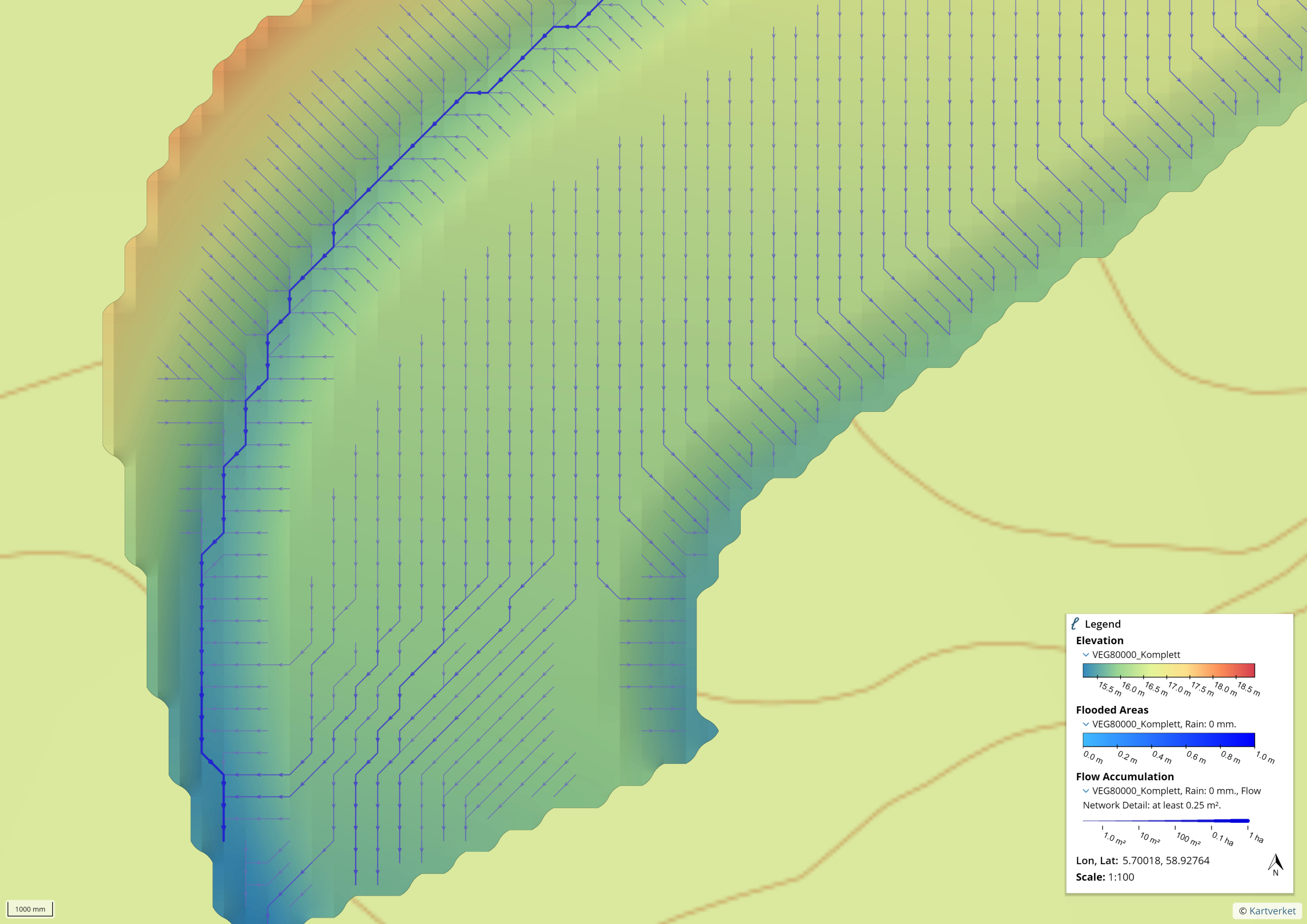
Elevation
VEG71000_Komplett
7 m 8 m 9 m 10 m 11 m 12 m 13 m

Flooded Areas
VEG71000_Komplett, Rain: 0 mm.
0,0 m 0,2 m 0,4 m 0,6 m 0,8 m 1,0 m

Flow Accumulation
VEG71000_Komplett, Rain: 0 mm., Flow
Network Detail: at least 0.25 m².
1,0 m² 10 m² 100 m² 0,1 ha 1 ha

Lon, Lat: 5.69814, 58.92753
Scale: 1:100

1000 mm



Legend

Elevation
VEG80000_Komplett
15.5 m 16.0 m 16.5 m 17.0 m 17.5 m 18.0 m 18.5 m

Flooded Areas
VEG80000_Komplett, Rain: 0 mm.
0.0 m 0.2 m 0.4 m 0.6 m 0.8 m 1.0 m

Flow Accumulation
VEG80000_Komplett, Rain: 0 mm., Flow
Network Detail: at least 0.25 m².
1.0 m² 10 m² 100 m² 0.1 ha 1 ha







Lon, Lat: 5.70018, 58.92764
Scale: 1:100

1000 mm

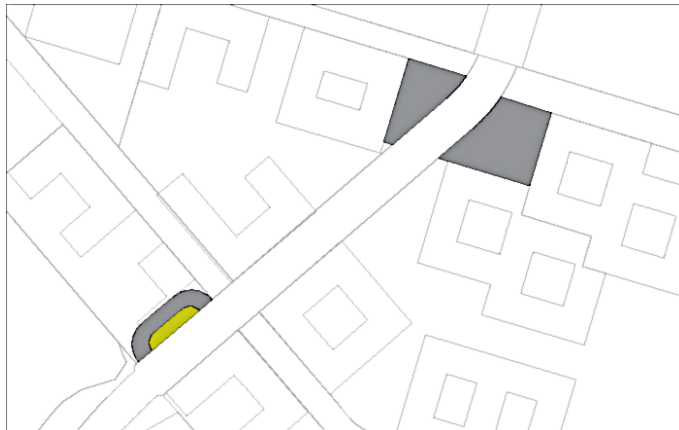
Beregninger og tabeller i dette vedlegget er produsert Excel, figurer lagd I AutoCAD.

Betegnelse	Formel	Enhet
C_{midl}	$(C1A1+C2A2+\dots+CnAn)/A1+A2+\dots+An$	
$I_{klimajustert}$	Nedbørsintensitet * Klimafaktor	l/s*ha
$Q_{dimm.av}$	$Q_{dimm.av}=C_{midl}*Areal(ha)*I_{klimajustert}$	l/s
Ant SF		
<i>Areal</i>	Areal (ha) / 0,4 ha	
<i>Imtak</i>	$Q_{dimm.av} / 20 \text{ l/s}$	
Q_{inn}	$(Q_{dimm.av} / \text{Vegens lengde}) * \text{Avstand (mellom/fra forrige SF)}$	l/s
Q_{maks}	Colebrook White's formel * 1000	l/s

Figur 1 Formler brukt for utregninger i vedlegg 6, avrenning

Flatetyper - Avrenningskoeffisienter	
	Tette flater - 0,9
	Grønne tak - 0,55
	Grønt - 0,4
	Parkanlegg - 0,55
	Grøft - 0,75
	Kombinert formål - 0,7

Figur 2 Farger og tilhørende avrenningskoeffisienter



Figur 3 Flater for påkobling 4-5, til VEG10000 og VEG80000

VEDLEGG 6: Avrenning



Figur 4 Flater for påkobling 6, til VEG62000



Figur 5 Flater for påkobling 7 og 8, til VEG63000 og VEG64000



Figur 6 Flater for påkobling 9-12, til VEG65000

Beregninger 50-års gjentakintervall (dimensjonering av overvannsledninger)

Påkobling kollektivakse		
PK1	Qdim	Begrunnelse
1/s	4832	Gitt av COWI
Påkobling øst		
PK2	Qdim	Begrunnelse
1/s	3533	Gitt av COWI
Påkobling vest		
PK3	Qdim	Begrunnelse
1/s	209,79	Gitt av COWI
Påkobling til VEG10000		
PK4	Flatetype	Areal ha
	Tette flater	0,0826
	C_{midt}	0,900
1/s	Qdim.av (50-års reg)	20,77
PK5	Flatetype	Areal ha
	Kombinert formål	0,1425
	C_{midt}	0,900
1/s	Qdim.av (50-års reg)	35,83
Påkobling til VEG62000		
PK6	Flatetype	Areal ha
	Tette flater	0,237
	Grønne tak	0,849
	Parkanlegg	0,709
	C_{midt}	0,596
1/s	Qdim.av (50-års reg)	299,06
Påkobling til VEG63000 og VEG64000		
PK7	Flatetype	Areal ha
	Grønne tak	1,43
	Parkanlegg	1,76
	C_{midt}	0,550
1/s	Qdim.av (50-års reg)	490,68
PK7	Qdim	Begrunnelse
1/s	245,34	Qdim.av / 2
PK8	Qdim	Begrunnelse
1/s	245,34	Qdim.av / 2
Påkobling til VEG65000		
PK9	Flatetype	Areal ha
	Kombinert formål	0,7330
	Grøft	0,1316
	C_{midt}	0,708
1/s	Qdim.av (50-års reg)	170,99
PK10	Flatetype	Areal ha
	Kombinert formål	0,9021
	Grøft	0,069
	C_{midt}	0,704
1/s	Qdim.av (50-års reg)	190,95
PK11	Flatetype	Areal ha
	Kombinert formål	0,8295
	Grøft	0,0727
	C_{midt}	0,704
1/s	Qdim.av (50-års reg)	177,52
PK12	Flatetype	Areal ha
	Kombinert formål	0,9872
	Grøft	0,1362
	C_{midt}	0,706
1/s	Qdim.av (50-års reg)	221,68

Tabell 1 Dimensjonerende vannføring i påkobling

VEDLEGG 6: Avrenning



Figur 7 Flater for avrenning ved VEG11000



Figur 8 Flater for avrenning på delområde 1



Figur 9 Flater for avrenning på delområde 2

VEDLEGG 6: Avrenning

Avrenning ved VEG11000		
Flatetype	Areal ha	Areal m ²
Tette flater	0,07	677,8
Grønt	0,20	1962,1
Total	0,26	2639,9
C_{midt}	0,528	
Qdimm.av (50-års regn)	38,98	l/s
Avrenning langs VEG80000		
Flatetype	Areal ha	Areal m ²
Tette flater	0,04	421,9
Groft	0,02	175
Total	0,06	596,9
C_{midt}	0,856	
Qdimm.av (50-års regn)	14,28	l/s

Tabell 3 Dimensjonerende vannføring ved VEG11000 og langs VEG80000

Delområde 1		
Flatetype	Areal ha	Areal m ²
Tette flater	0,53	5297,1
Grønne tak	0,21	2084,95
Grønt	1,06	10556,8
Parkanlegg	0,31	3123,8
Groft	0,27	2675,8
Total	2,37	23738,4
C_{midt}	0,584	
Qdimm.av (50-års regn)	387,41	l/s
Delområde 2		
Flatetype	Areal ha	Areal m ²
Grønne tak	0,61	6094,73
Grønt	11,11	111140,4
Parkanlegg	0,56	5585,7
Groft	0,11	1117,15
Total	12,39	123938,0
C_{midt}	0,417	
Qdimm.av (50-års regn)	1445,42	l/s

Tabell 2 Avrenning på delområde 1 og 2

VEDLEGG 6: Avrenning

Sandfang (basert på inntak)			
VEG	Qdimm.av	Ant SF	Opprundet
10000 (1)	134,82	6,7	7
10000 (2)	300,03	15,0	16
11000	38,41	1,9	2
60000	67,66	3,4	4
61000	56,80	2,8	3
62000	64,07	3,2	4
63000	75,46	3,8	4
64000	33,21	1,7	2
65000	144,61	7,2	8
71000	41,05	2,1	3
80000	14,28	0,7	1
Sandfang (basert på areal)			
VEG	Areal (ha)	Ant SF	Opprundet
10000 (1)	0,536	13,40	14
10000 (2)	1,1928	29,82	30
11000	0,1527	3,82	4
60000	0,2690	6,73	7
61000	0,2258	5,65	6
62000	0,2547	6,37	7
63000	0,3000	7,50	8
64000	0,1320	3,30	4
65000	0,5749	14,37	15
70000	Slått sammen med VEG11000		
71000	0,1632	4,08	5
80000	0,04	1,05	2

Tabell 4 Beregnet antall sandfang basert på areal og inntak

Valgt antall SF

VEG	Ant SF	Begrunnelse
10000 (1)	10	Valgt slik at det maks er 25m mellom hvert sandfang
10000 (2)	23	Utgangspunkt i areal, redusert på bakgrunn av inntak
11000	5	Utgangspunkt i areal, økt på bakgrunn av inntak
60000	4	Inntak
61000	3	Inntak
62000	7	Areal
63000	8	Areal
64000	5	Utgangspunkt i areal, økt på bakgrunn av inntak
65000	10	Utgangspunkt i areal, redusert på bakgrunn av inntak
71000	3	Inntak
80000	1	inntak

Tabell 5 Valgt antall sandfang langs vegene

VEDLEGG 6: Avrenning

VEG	Høyde start	Høyde slutt	Lengde	Høydeforskjell	Helning	Helning OV
10000 (1)	25,7	14,04	239,1	11,66	0,049	0,022
10000 (2.1)	14,04	8,49	165,75	5,55	0,033	0,033
10000 (2.2)	11,98	8,49	622	3,49	0,006	0,006
11000	22,5	14,96	150	7,54	0,050	0,043
60000	25,9	22,59	229,2	3,31	0,014	0,014
61000	26	27,23	129,5	1,23	0,009	0,01
62000	20,07	17,97	182,5	2,1	0,012	0,012
63000	17,96	20,64	213,5	2,68	0,013	0,013
64000	20,64	27,12	216,2	6,48	0,030	0,03
65000	9,04	11,09	480,7	2,05	0,004	0,005
80000	17,48	15,8	50	1,68	0,034	0,034

Tabell 6 Vegenes vertikale helning og lengde

Sandfangenes nummerering er i disse beregningene i kronologisk rekkefølge i henhold til vegnavn. Det bør derfor merkes at denne nummereringen kun benyttes for beregninger og er ikke ment å være sandfangenes nummerering ved prosjektering.

Vannføring under veg						Rør dimensjoner - Colebrook white's formel			
VEG	SF	Avstand	Q _{inn}	Påkobling	Kumulativt	Helning	Di (m)	k(m)	Q _{maks}
VEG10000 (1)									
	1	14,08	7,94	4888,84	4896,8	0,022	1,2	0,0015	5638,69
	2	25	14,10		4910,9	0,022	1,2	0,0015	5638,69
	3	25	14,10	56,60	4981,6	0,022	1,2	0,0015	5638,69
	4	25	14,10		4995,7	0,022	1,2	0,0015	5638,69
	5	25	14,10		5009,8	0,022	1,2	0,0015	5638,69
	6	25	14,10		5023,9	0,022	1,2	0,0015	5638,69
	7	25	14,10		5038,0	0,022	1,2	0,0015	5638,69
	8	25	14,10	1172,36	6224,4	0,022	1,4	0,0015	8450,73
	9	25	14,10		6238,5	0,022	1,4	0,0015	8450,73
	10	25	14,10	14,28	6266,9	0,022	1,4	0,0015	8450,73
VEG10000 (2)									
	11	25,32	9,55		9,55	0,006	0,15	0,0015	11,93
	12	33,15	12,50		22,05	0,006	0,2	0,0015	25,73
	13	33,15	12,50		34,55	0,006	0,25	0,0015	46,62
	14	33,15	12,50		47,05	0,006	0,3	0,0015	75,69
	15	33,15	12,50		59,55	0,006	0,3	0,0015	75,69
	16	33,15	12,50		72,05	0,006	0,3	0,0015	75,69
	17	33,15	12,50		84,54	0,006	0,4	0,0015	162,31
	18	33,15	12,50		97,04	0,006	0,4	0,0015	162,31
	19	33,15	12,50		109,54	0,006	0,4	0,0015	162,31
	20	33,15	12,50		122,04	0,006	0,4	0,0015	162,31
	21	33,15	12,50		134,54	0,006	0,4	0,0015	162,31
	22	33,15	12,50		147,04	0,006	0,4	0,0015	162,31
	23	33,15	12,50		159,54	0,006	0,5	0,0015	292,92
	24	33,15	12,50		172,04	0,006	0,5	0,0015	292,92
	25	33,15	12,50		184,54	0,006	0,5	0,0015	292,92
	26	33,15	12,50		197,04	0,006	0,5	0,0015	292,92
	27	33,15	12,50		209,54	0,006	0,5	0,0015	292,92
	28	33,15	12,50		222,04	0,006	0,5	0,0015	292,92
	29	33,15	12,50		297,04	0,006	0,6	0,0015	474,14
	30	33,15	12,50		50,00	0,033	0,2	0,0015	60,63
	31	33,15	12,50		37,50	0,033	0,2	0,0015	60,63
	32	33,15	12,50		25,00	0,033	0,15	0,0015	28,15
	33	33,15	12,50		12,50	0,033	0,15	0,0015	28,15

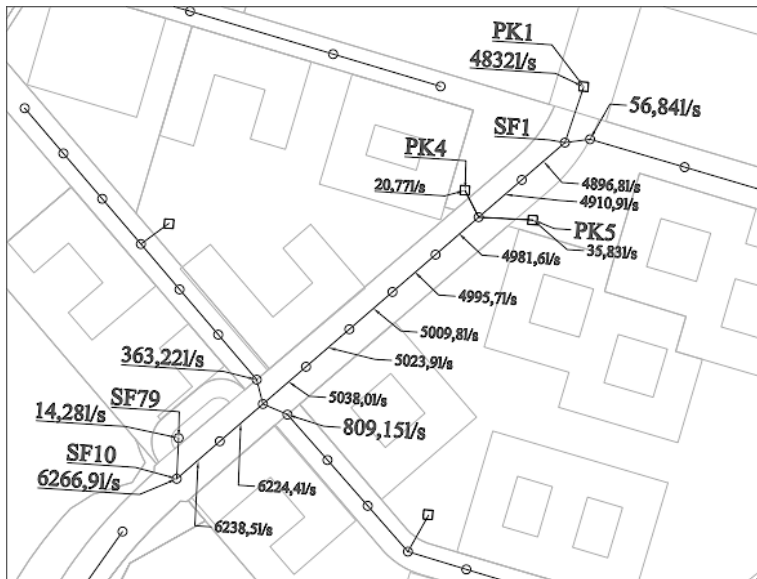
Tabell 7 Beregnet vannføring under VEG10000

VEDLEGG 6: Avrenning

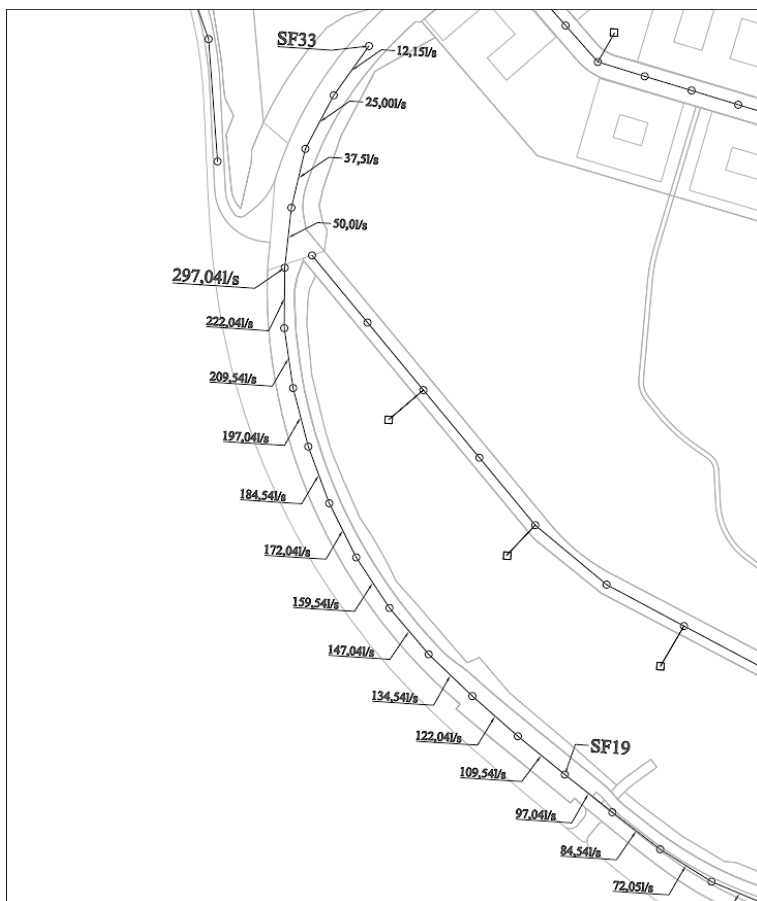
Vannføring under veg						Rør dimensjoner - Colebrook white's formel			
VEG	SF	Avstand	Q _{inn}	Påkobling	Kumulativt	Helning	Di (m)	k(m)	Q _{maks}
VEG11000									
	34	8,87	4,67	3600,48	3605,2	0,043	1	0,0015	4884,84
	35	25,6	13,48		3618,6	0,043	1	0,0015	4884,84
	36	37,5	19,75		3638,4	0,043	1	0,0015	4884,84
	37	37,5	19,75		19,7	0,075	0,15	0,0015	42,49
	38	37,5	19,75		39,5	0,075	0,2	0,0015	91,52
VEG60000									
	39	49,0	14,47		14,47	0,014	0,15	0,0015	18,29
	40	49,2	14,52		28,99	0,014	0,2	0,0015	39,42
	41	65,0	19,19		48,18	0,014	0,25	0,0015	71,39
	42	65,4	19,31		67,48	0,014	0,25	0,0015	71,39
VEG61000									
	43	43,2	18,95		18,95	0,01	0,2	0,0015	33,28
	44	43,2	18,95		37,89	0,01	0,25	0,0015	60,28
	45	43,2	18,95		56,84	0,01	0,3	0,0015	97,85
VEG62000									
	46	26,1	9,16		9,16	0,012	0,15	0,0015	16,92
	47	26,1	9,16		18,32	0,012	0,2	0,0015	36,48
	48	26,1	9,16		27,49	0,012	0,2	0,0015	36,48
	49	26,1	9,16	299,08	335,73	0,012	0,5	0,0015	414,81
	50	26,1	9,16		344,89	0,012	0,5	0,0015	414,81
	51	26,1	9,16		354,05	0,012	0,5	0,0015	414,81
	52	26,1	9,16		363,22	0,012	0,5	0,0015	414,81
VEG63000									
	53	26,7	9,44	488,31	497,75	0,013	0,6	0,0015	698,83
	54	26,7	9,44		507,19	0,013	0,6	0,0015	698,83
	55	26,7	9,44		516,62	0,013	0,6	0,0015	698,83
	56	26,7	9,44		526,06	0,013	0,6	0,0015	698,83
	57	26,7	9,44	245,34	780,84	0,013	0,8	0,0015	1491,76
	58	26,7	9,44		790,27	0,013	0,8	0,0015	1491,76
	59	26,7	9,44		799,71	0,013	0,8	0,0015	1491,76
	60	26,7	9,44		809,15	0,013	0,8	0,0015	1491,76
VEG64000									
	61	43,2	6,64	209,79	216,43	0,03	0,4	0,0015	364,00
	62	43,2	6,64		223,06	0,03	0,4	0,0015	364,00
	63	43,2	6,64		229,70	0,03	0,4	0,0015	364,00
	64	43,2	6,64		236,33	0,03	0,4	0,0015	364,00
	65	43,2	6,64	245,34	488,31	0,03	0,5	0,0015	656,66
VEG65000									
	66	33,14	9,97		9,97	0,005	0,2	0,0015	23,47
	67	48	14,44	170,99	195,39	0,005	0,5	0,0015	267,28
	68	48	14,44		209,83	0,005	0,5	0,0015	267,28
	69	48	14,44	190,95	415,22	0,005	0,8	0,0015	923,84
	70	48	14,44		429,66	0,005	0,8	0,0015	923,84
	71	50,73	15,26	177,52	622,44	0,005	0,8	0,0015	923,84
	72	48	14,44		636,88	0,005	0,8	0,0015	923,84
	73	48	14,44	221,68	873,00	0,005	1	0,0015	1662,14
	74	48	14,44		887,44	0,005	1	0,0015	1662,14
	75	47,7	14,35		901,79	0,005	1	0,0015	1662,14
VEG71000									
	76	67,2	10,27		10,27	0,005	0,2	0,0015	23,47
	77	67,2	10,27		20,53	0,005	0,25	0,0015	42,53
	78	67,2	10,27		41,07	0,005	0,3	0,0015	69,05
VEG80000									
	79	50	14,28		14,28	0,034	0,15	0,0015	28,57

Tabell 8 Beregnet vannføring under VEG11000-80000

VEDLEGG 6: Avrenning

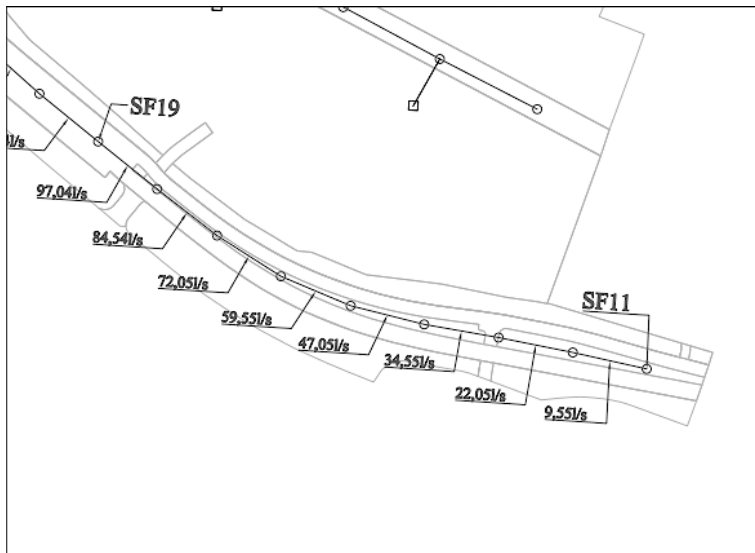


Figur 10 Kumulativ vannføring under VEG10000 (1)

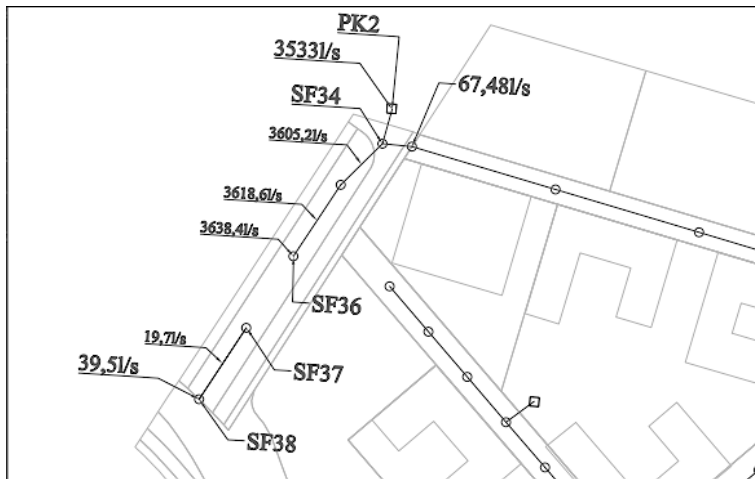


Figur 11 Kumulativ vannføring under VEG10000 (2)

VEDLEGG 6: Avrenning

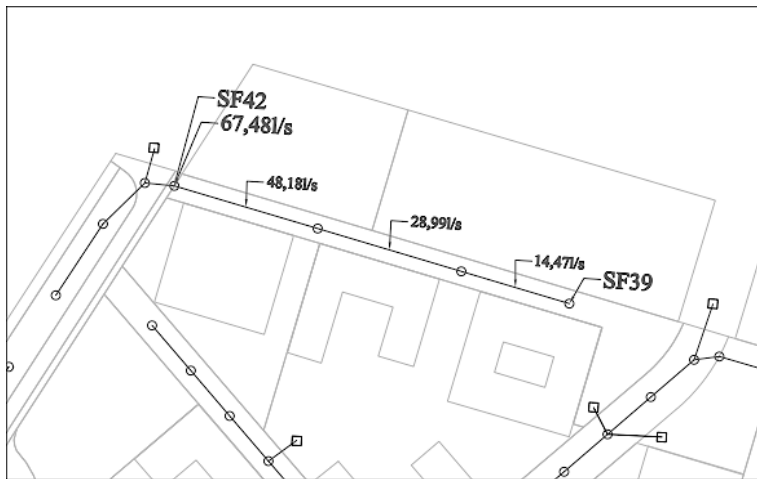


Figur 12 Kumulativ vannføring under VEG10000 (3)

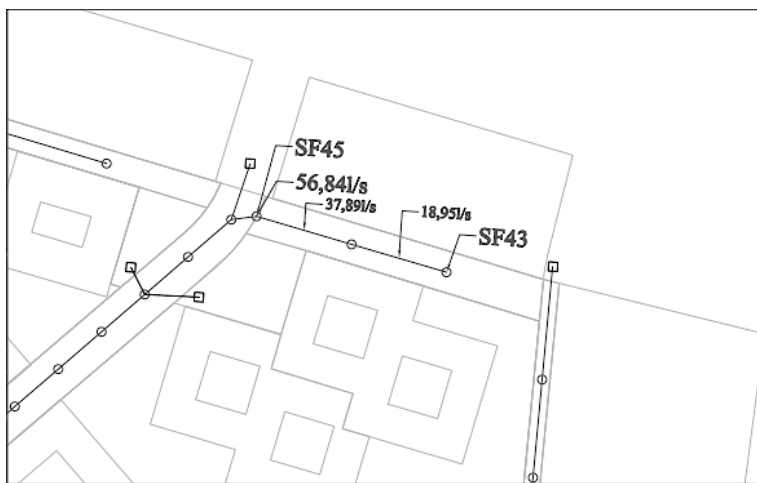


Figur 13 Kumulativ vannføring under VEG11000

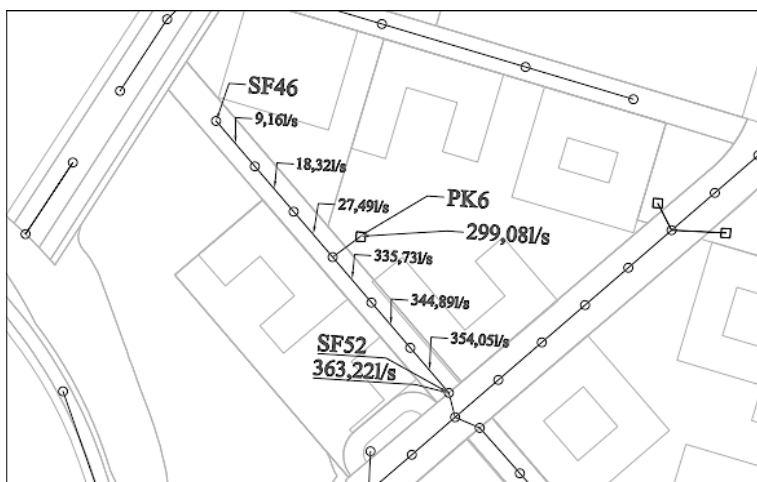
VEDLEGG 6: Avrenning



Figur 14 Kumulativ vannføring under VEG60000

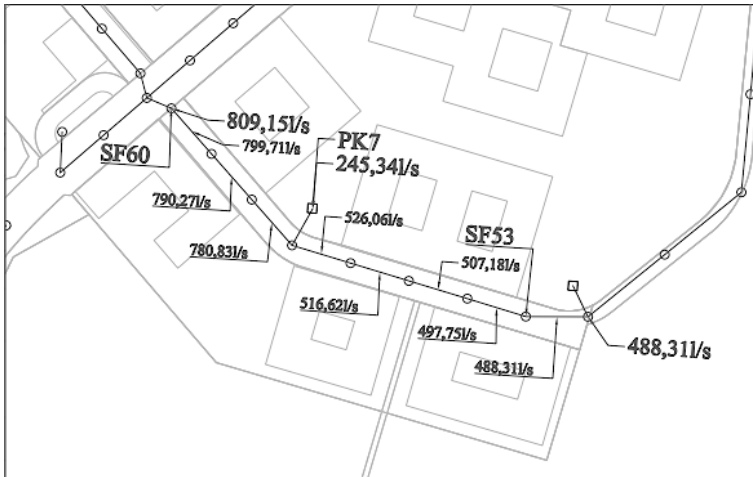


Figur 15 Kumulativ vannføring under VEG61000

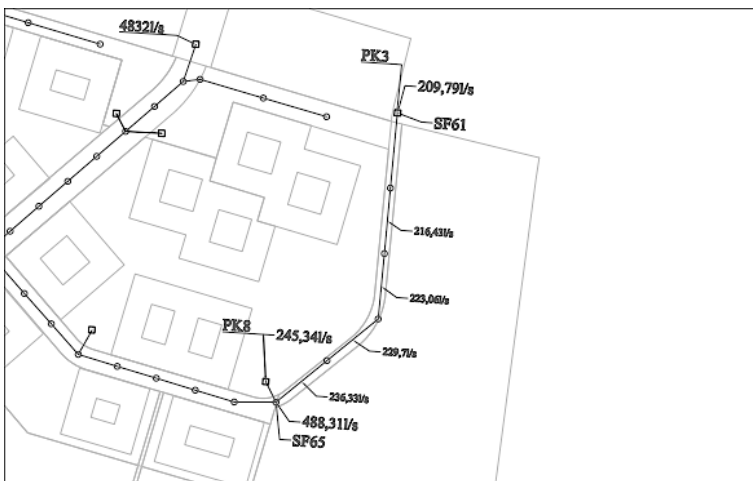


Figur 16 Kumulativ vannføring under VEG62000

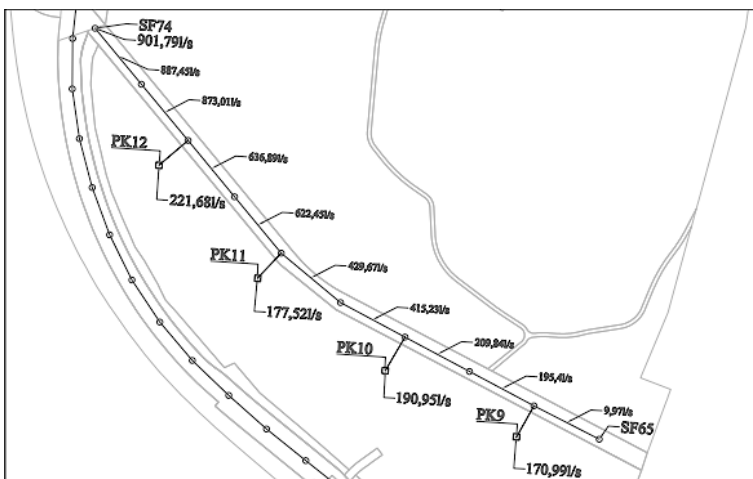
VEDLEGG 6: Avrenning



Figur 17 Kumulativ vannføring under VEG63000

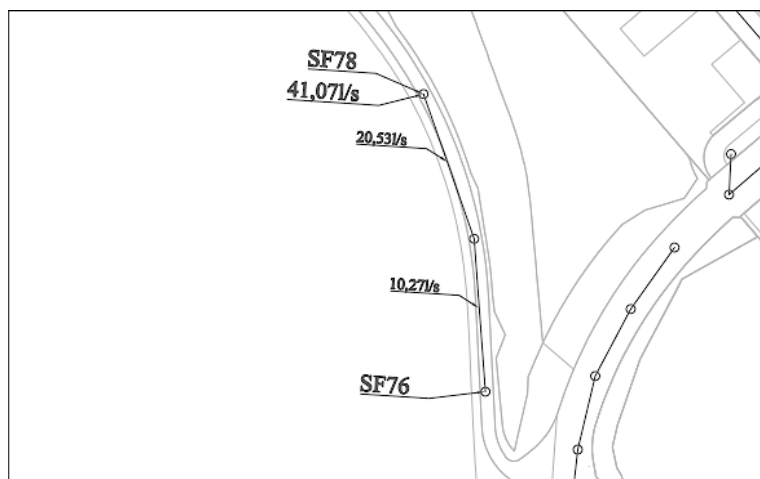


Figur 18 Kumulativ vannføring under VEG64000



Figur 19 Kumulativ vannføring under VEG65000

VEDLEGG 6: Avrenning



Figur 20 Kumulativ vannføring under VEG71000

Beregninger 20-års gjentaksintervall (fordrøyning)

Nedbørsintensitet 20-års gjentaksintervall	Verdi
I (Nedbørsintensitet) 20-års regn (10min)	203,2
Klimafaktor	1,2
$I_{\text{klimajustert}}$ 20-års regn	243,84

Tabell 9 Nedbørsintensitet ved 20-års gjentaksintervall

Vannføring veg - 20-års gjentaksintervall	
VEG	Q _{dim} .av (20-års regn)
10000 (1)	117,63
10000 (2)	261,77
11000	33,51
60000	59,03
61000	49,55
62000	55,90
63000	65,84
64000	28,97
65000	126,17
71000	35,82
80000	12,46
Avrenning ved VEG11000	
Q _{dim} .av (20-års regn)	34,01
Avrenning langs VEG80000	
Q _{dim} .av (20-års regn)	12,46

Tabell 10 Avrenning på og ved veg, 20-års gjentaksintervall

Vannføring delområder - 20-års gjentaksintervall	
	Q _{dim} .av (20-års regn)
Delområde 1	338,00
Delområde 2	1261,10
Delområde 3	664,07

Tabell 11 Avrenning delområdet, 20-års gjentaksintervall

VEDLEGG 6: Avrenning

Vannføring påkoblinger - 20-års gjentaksintervall	
	Qdimn.av (20-års regn)
Påkobling kollektivakse	
PK1	3181
Påkobling øst	
PK2	3789
Påkobling vest	
PK3	76
Påkobling til VEG10000	
PK4	18,12
PK5	31,26
Påkobling til VEG62000	
PK6	260,92
Påkobling til VEG63000 og VEG64000	
PK7	214,06
PK8	214,06
Påkobling til VEG65000	
PK9	149,18
PK10	166,60
PK11	154,88
PK12	193,41

Tabell 12 Vannføring i påkoblinger, 20-års gjentaksintervall

Vannføring under veg 20-års gjentaksintervall					
VEG	SF	Avstand	Q _{inn}	Påkobling	Kumulativt
VEG10000 (1)					
	1	14,08	6,93	3838,59	3845,5
	2	25	12,30		3857,8
	3	25	12,30	49,38	3919,5
	4	25	12,30		3931,8
	5	25	12,30		3944,1
	6	25	12,30		3956,4
	7	25	12,30		3968,7
	8	25	12,30	915,80	4896,8
	9	25	12,30		4909,1
	10	25	12,30	12,46	4933,9
VEG10000 (2)					
	11	25,32	8,33		8,33
	12	33,15	10,91		19,24
	13	33,15	10,91		30,14
	14	33,15	10,91		41,05
	15	33,15	10,91		51,95
	16	33,15	10,91		62,86
	17	33,15	10,91		73,76
	18	33,15	10,91		84,67
	19	33,15	10,91		95,57
	20	33,15	10,91		106,48
	21	33,15	10,91		117,39
	22	33,15	10,91		128,29
	23	33,15	10,91		139,20
	24	33,15	10,91		150,10
	25	33,15	10,91		161,01
	26	33,15	10,91		171,91
	27	33,15	10,91		182,82
	28	33,15	10,91		193,72
	29	33,15	10,91		259,16
	30	33,15	10,91		43,62
	31	33,15	10,91		32,72
	32	33,15	10,91		21,81
	33	33,15	10,91		10,91

Tabell 13 Beregnet vannføring under VEG10000, 20-års gjentaksintervall

VEDLEGG 6: Avrenning

Vannføring under veg 20-års gjentaksintervall					
VEG	SF	Avstand	Q _{inn}	Påkobling	Kumulativt
VEG11000					
	34	8,87	4,08	3239,88	3244,0
	35	25,6	11,76		3255,7
	36	37,5	17,23		3272,9
	37	37,5	17,23		17,2
	38	37,5	17,23		34,5
VEG60000					
	39	49,0	12,62		12,62
	40	49,2	12,67		25,29
	41	65,0	16,74		42,03
	42	65,4	16,84		58,88
VEG61000					
	43	43,2	16,53		16,53
	44	43,2	16,53		33,06
	45	43,2	16,53		49,59
VEG62000					
	46	26,1	7,99		7,99
	47	26,1	7,99		15,99
	48	26,1	7,99		23,98
	49	26,1	7,99	260,92	292,90
	50	26,1	7,99		300,89
	51	26,1	7,99		308,88
	52	26,1	7,99		316,88
VEG63000					
	53	26,7	8,23	319,00	327,24
	54	26,7	8,23		335,47
	55	26,7	8,23		343,70
	56	26,7	8,23		351,94
	57	26,7	8,23	214,06	574,23
	58	26,7	8,23		582,46
	59	26,7	8,23		590,69
	60	26,7	8,23		598,93
VEG64000					
	61	43,2	5,79	76,00	81,79
	62	43,2	5,79		87,58
	63	43,2	5,79		93,37
	64	43,2	5,79		99,16
	65	43,2	5,79	214,06	319,00
VEG65000					
	66	33,14	8,70		8,70
	67	48	12,60	149,18	170,48
	68	48	12,60		183,08
	69	48	12,60	166,60	362,27
	70	48	12,60		374,87
	71	50,73	13,31	154,88	543,06
	72	48	12,60		555,66
	73	48	12,60	193,41	761,67
	74	48	12,60		774,27
	75	47,7	12,52		786,79
VEG71000					
	76	67,2	8,96		8,96
	77	67,2	8,96		17,91
	78	67,2	8,96		35,83
VEG80000					
	79	50	12,46		12,46

Tabell 14 Beregnet vannføring under VEG11000-80000, 20-års gjentaksintervall

VEDLEGG 7: Fordrøyning

Tabellene og figurene i dette vedlegget er produsert i Novapoint, AutoCAD, Photoshop og Excel.

DN	Dimensjon	Kapasitet
mm	m	l/s
1600	1,60	5710,8
2000	2,00	10248,3

Tabell 1 Dimensjoner for kulvert og påkoblingens kapasitet

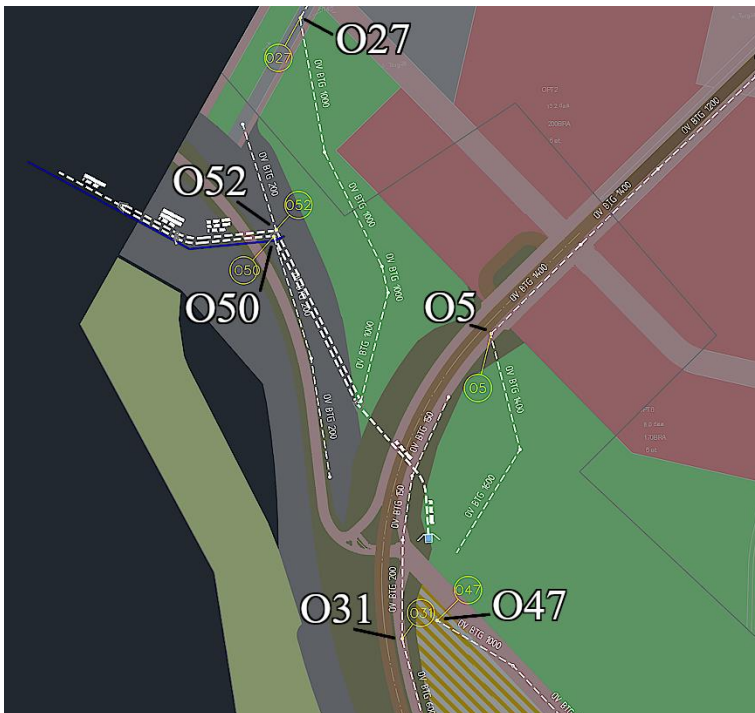


Figur 1 Oversikt over fordrøyningssystemenes soner

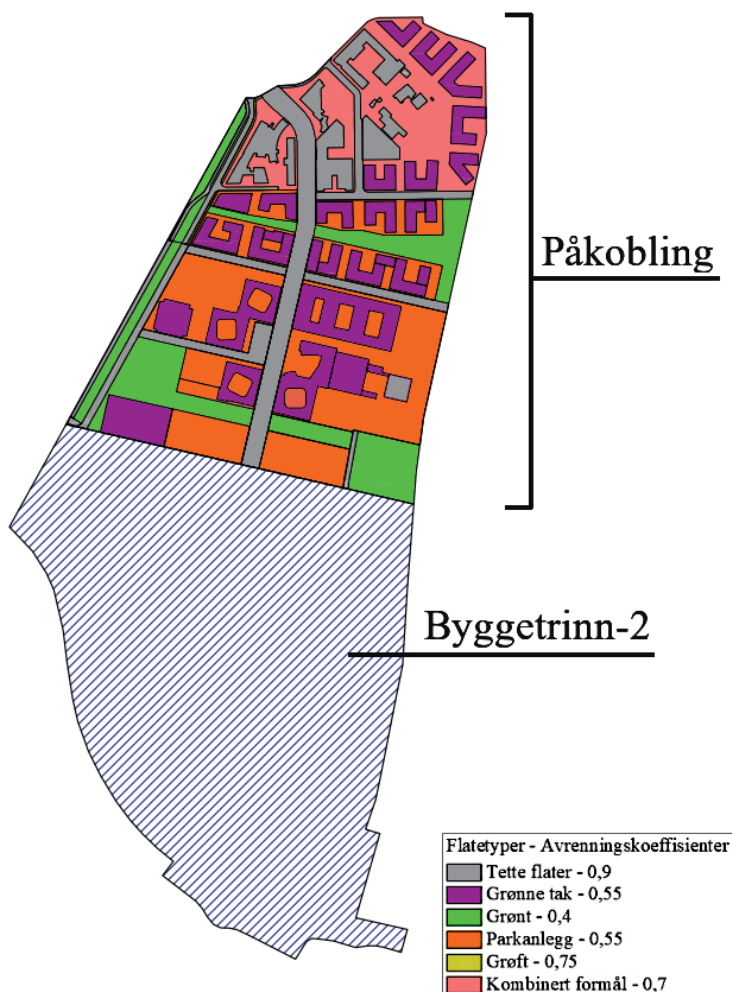
20-års	Påkobling (l/s)
PK1	3181
PK2	3789
PK3	76
Total	7046

Tabell 2 Vannføring ved påkoblinger

VEDLEGG 7: Fordrøyning



Figur 2 Plasseringen til utløp og kulvert

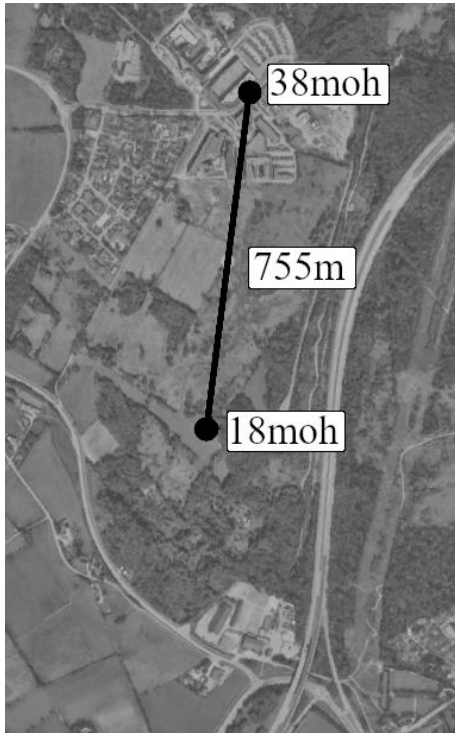


Figur 3 Oversikt over påkoblingens område og flatetyper

VEDLEGG 7: Fordrøyning

Vannføring i utløp	20-års gjentaksintervall	
	l/s	Fra delområde (l/s)
O5	4933,90	1261,1
O33/47	1046,06	
O26	3272,9	387,41
O50/52	70,33	
Sum	10971,70	

Tabell 3 Vannføring i kummer ved utløp mot kulvert



Figur 4 Påkobling feltets lengde og høyder

VEDLEGG 7: Fordrøyning

Antagelser: Overvann	Verdi	
I (Nedbørsintensitet) 20-års regn (10m)	203,2	
Klimafaktor	1,2	
$I_{\text{Klimajustert}}$ 20-års regn	243,84	
C(Tette flater)	0,9	
C(Grønne tak)	0,55	
C(Grønt)	0,4	
C(Parkanlegg)	0,55	
C(Grøft)	0,75	
C(Kombinert formål)	0,7	
Flatetype	Areal ha	Areal m²
Tette flater	5,29	52878,8
Grønne tak	5,39	53898,9
Grønt	3,92	39208,2
Parkanlegg	6,98	69842,7
Grøft	0,07	681,12
Kombinert formål	3,64	36422
Totale flater	25,29	252931,72
Beregninger	Verdi	
C_{midt}	0,622	
$Q_{\text{dimm.av}}$ (20-års regn)	3836,5	

Tabell 4 Påkoblingsfeltets dimensjonerende avrenning

Justeringsfaktor	0,54	$Q_{\text{dimm.av}}$ / gitt vannføring i påkobling
Areal påkobling just	46,45	

Tabell 5 Teoretisk størrelse for avrenningsfelt gitt påkoblingsfeltets middel avrenningskoeffisient

Påkobling	l/s	Andel
Vest	3181	0,451
Kollektivakse	3789	0,538
Øst	76	0,011
Ønsket total VF ett	10177,7	
VF 1 andel	0,450	
V_{ut} Fordrøyningssone	4579,95	
VF 2 andel	0,450	
V_{ut} Fordrøyningssone	4579,95	
VF 3 andel	0,100	
V_{ut} Fordrøyningssone	1017,77	

Tabell 6 Påkoblingenes respektive andel av total vannføring og tildelte andeler av kulverts kapasitet

VEDLEGG 7: Fordrøyning

Fordrøyningssone 1

Tilhørende arealer	C _{midl}	Areal (ha)
Delområde 1	0,584	2,3738
Avrenning ved VEG11000	0,528	0,2639
Avrenning langs VEG11000	0,9	0,1527
Avrenning langs VEG60000	0,9	0,2690
Påkobling - Vest	0,622	20,9714
Total areal	24,03	
C_{midl,total}	0,622	
Areal (ha)	24,03	
Avr.koeffisient (φ)	0,622	
Vut	4579,95	

Tabell 7 Beregnet areal og middel avrenningskoeffisient for fordrøyningssone 1

Fordrøyningssone 1

20-års gjentaksintervall

min	intensitet (l/s)	ha	φ	Vinn	Vut	Vmag (m ³)
1	588	24,03	0,62	527,4	274,80	252,6
2	508,2	24,03	0,62	911,7	549,59	362,1
3	447,36	24,03	0,62	1203,8	824,39	379,4
5	355,44	24,03	0,62	1594,1	1373,99	220,1
10	243,84	24,03	0,62	2187,2	2747,97	-560,8
15	197,04	24,03	0,62	2651,1	4121,96	-1470,9
20	187,2	24,03	0,62	3358,2	5495,94	-2137,7
30	147,36	24,03	0,62	3965,3	8243,91	-4278,6
45	103,2	24,03	0,62	4165,5	12365,87	-8200,4
60	84,12	24,03	0,62	4527,2	16487,83	-11960,7
90	65,16	24,03	0,62	5260,1	24731,74	-19471,6
120	62,64	24,03	0,62	6742,3	32975,65	-26233,4
180	47,16	24,03	0,62	7614,1	49463,48	-41849,3

Tabell 8 Beregning av fordrøyningssvolum, regnenvelop metode, fordrøyningssone 1

Konsentrasjonstid for fordrøyningssone 1

Urbane felt	
Berg et al	Verdi
Lf = Feltlengde [m]	755
deltaH = høydeforskjell i felt [m]	20
tk = Konsentrasjonstid [min]	12,68

Tabell 9 Konsentrasjonstid, urbane felt, fordrøyningssone 1

VEDLEGG 7: Fordrøyning

Fordrøyningssone 2

Tilhørende arealer	C _{midl}	Areal (ha)
Delområde 2	0,417	12,3938
Avrenning langs VEG10000 (1)	0,9	0,536
Påkobling til VEG10000	0,9	0,225
Avrenning langs VEG61000	0,9	0,2258
Avrenning langs VEG62000	0,9	0,2547
Påkobling til VEG62000	0,596	0,1795
Avrenning langs VEG63000	0,9	0,3000
Påkobling til VEG63000+64000	0,55	3,1921
Avrenning langs VEG64000	0,9	0,1320
Avrenning langs VEG80000	0,856	0,0596
Påkobling kollektivakse + Øst	0,622	25,4808

Total areal	42,98
C_{midl,total}	0,569
Areal (ha)	42,98
Avr.koeffisient (φ)	0,569
V_{ut}	4579,95

Tabell 10 Beregnet areal og middel avrenningskoeffisient for fordrøyningssone 2

Fordrøyningssone 2

20-års gjentaksintervall

min	intensitet (l/s)	ha	φ	V _{inn}	V _{ut}	V _{mag} (m ³)
1	588	42,98	0,569	862,1	274,80	587,3
2	508,2	42,98	0,569	1490,3	549,59	940,7
3	447,36	42,98	0,569	1967,8	824,39	1143,4
5	355,44	42,98	0,569	2605,8	1373,99	1231,8
10	243,84	42,98	0,569	3575,2	2747,97	827,3
15	197,04	42,98	0,569	4333,6	4121,96	211,6
20	187,2	42,98	0,569	5489,5	5495,94	-6,4
30	147,36	42,98	0,569	6481,9	8243,91	-1762,0
45	103,2	42,98	0,569	6809,1	12365,87	-5556,7
60	84,12	42,98	0,569	7400,3	16487,83	-9087,5
90	65,16	42,98	0,569	8598,5	24731,74	-16133,2
120	62,64	42,98	0,569	11021,3	32975,65	-21954,3
180	47,16	42,98	0,569	12446,5	49463,48	-37017,0

Tabell 11 Beregning av fordrøyningssone 2, regnenvelop metode, fordrøyningssone 2

Konsentrasjonstid for fordrøyningssone 2	
Urbane felt	
Berg et al	Verdi
L _f = Feltlengde [m]	755
deltaH = høydeforskjell i felt [m]	20
t _k = Konsentrasjonstid [min]	12,68

Tabell 12 Konsentrasjonstid, urbane felt, fordrøyningssone 2

VEDLEGG 7: Fordrøyning

Fordrøyningssone 3

Tilhørende arealer	C _{midl}	Areal (ha)
Påkobling til VEG65000	0,705	3,8612
Avrenning langs VEG10000 (2)	0,9	1,1928
Avrenning langs VEG65000	0,9	0,5749

Total areal	5,63
C_{midl,total}	0,766

Areal (ha)	5,63
Avr.koeffisient (φ)	0,766
Vut	1017,77

Tabell 13 Beregnet areal og middel avrenningskoeffisient for fordrøyningssone 3

Fordrøyningssone 3

20-års gjentaksintervall

min	intensitet (l/s)	ha	φ	Vinn	Vut	Vmag (m ³)
1	588	5,63	0,766	152,2	61,07	91,1
2	508,2	5,63	0,766	263,0	122,13	140,9
3	447,36	5,63	0,766	347,3	183,20	164,1
5	355,44	5,63	0,766	459,9	305,33	154,6
10	243,84	5,63	0,766	631,0	610,66	20,4
15	197,04	5,63	0,766	764,9	915,99	-151,1
20	187,2	5,63	0,766	968,9	1221,32	-252,4
30	147,36	5,63	0,766	1144,0	1831,98	-687,9
45	103,2	5,63	0,766	1201,8	2747,97	-1546,2
60	84,12	5,63	0,766	1306,1	3663,96	-2357,8
90	65,16	5,63	0,766	1517,6	5495,94	-3978,3
120	62,64	5,63	0,766	1945,2	7327,92	-5382,7
180	47,16	5,63	0,766	2196,8	10991,88	-8795,1

Tabell 14 Beregning av fordrøyningssvolum, regnenvelop metode, fordrøyningssone 3

Konsentrasjonstid for fordrøyningssone 3	
Urbane felt	
Berg et al	Verdi
Lf = Feltlengde [m]	480,7
deltaH = høydeforskjell i felt [m]	2,05
tk = Konsentrasjonstid [min]	18,35

Tabell 15 Konsentrasjonstid, urbane felt, fordrøyningssone 3

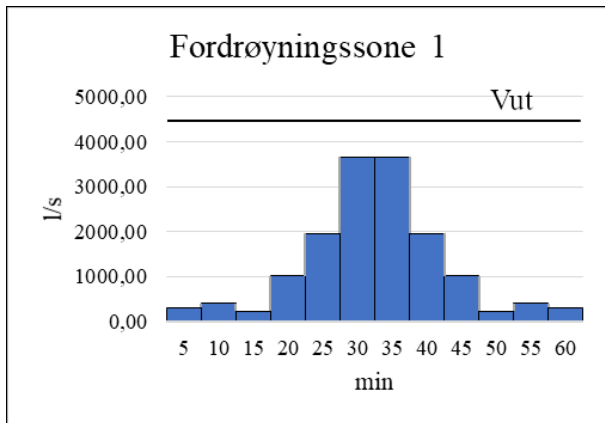
Fordrøyning - regnhyetogram

Fordrøyningssone 1	min	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
20-års regn	I	20,52	26,76	15,36	67,68	130,56	243,84	243,84	130,56	67,68	15,36	26,76	20,52	
C _{midl} *ha	15,011	Q _{dimm}	308,03	401,70	230,57	1015,95	1959,85	3660,31	3660,31	1959,85	1015,95	230,57	401,70	308,03
Ut	4579,95	Differanse	4271,92	4178,25	4349,38	3564,00	2620,10	919,64	919,64	2620,10	3564,00	4349,38	4178,25	4271,92

Vinn-Vut	0,00	l/s	Intensitet med total varighet 10min
Volum	0,00	m ³	Intensitet * varighet
Andel	0,00		Andel i forhold til regnenvelop

Tabell 16 Beregning av fordrøyningssvolum, regnhyetogram, fordrøyningssone 1

VEDLEGG 7: Fordrøyning

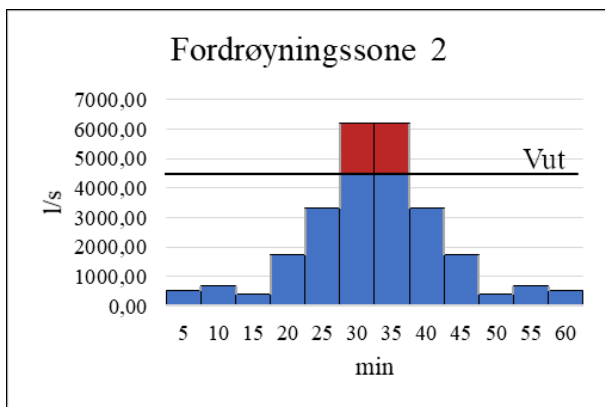


Figur 5 Fordrøyningsvolum, regnhyetogram, fordrøyningsone 1

Fordrøyningsone 2		min	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
20-års regn		I	20,52	26,76	15,36	67,68	130,56	243,84	243,84	130,56	67,68	15,36	26,76	20,52
Cmidl*ha	25,406	Qdim	521,33	679,86	390,24	1719,48	3317,01	6195,00	6195,00	3317,01	1719,48	390,24	679,86	521,33
Ut	4579,95	Differanse	4058,62	3900,09	4189,72	2860,47	1262,94	-1615,05	-1615,05	1262,94	2860,47	4189,72	3900,09	4058,62

Vinn-Vut	1615,05	l/s	Intensitet med total varighet 10min
Volum	969,03	m ³	Intensitet * varighet
Andel	0,79		Andel i forhold til andre metode

Tabell 17 Beregning av fordrøyningsvolum, regnhyetogram, fordrøyningsone 2



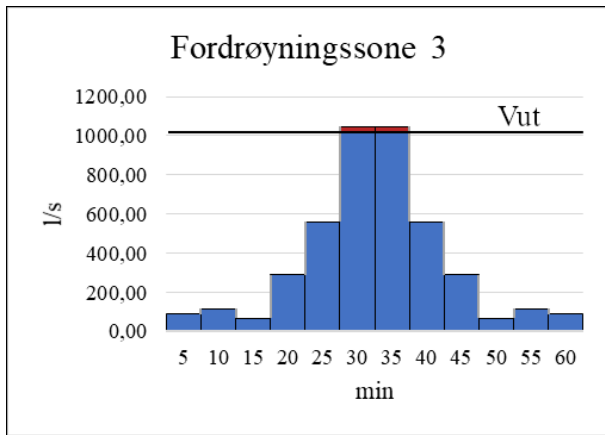
Figur 6 Fordrøyningsvolum, regnhyetogram, fordrøyningsone 2

Fordrøyningsone 3		min	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
20-års regn		I	20,52	26,76	15,36	67,68	130,56	243,84	243,84	130,56	67,68	15,36	26,76	20,52
Cmidl*ha	4,290	Qdim	88,03	114,80	65,89	290,34	560,10	1046,06	1046,06	560,10	290,34	65,89	114,80	88,03
Ut	1017,77	Differanse	929,74	902,97	951,87	727,42	457,67	-28,29	-28,29	457,67	727,42	951,87	902,97	929,74

Vinn-Vut	28,29	l/s	Intensitet med total varighet 10min
Volum	16,98	m ³	Intensitet * varighet
Andel	0,10		Andel i forhold til andre metode

Tabell 18 Beregning av fordrøyningsvolum, regnhyetogram, fordrøyningsone 3

VEDLEGG 7: Fordrøyning



Figur 7 Fordrøyningssone 3, regnhyetogram, fordøyningsvolum, fordøyningsone 3

Volumrapport

Model: OV_NVE_SUS

Trasé	Seksjon	Profil		Lengde (m)	Utgraving (m³)	Sprengning (m³)	Geotekstil (m²)	Fundament (m³)	Omhyllingsmasser (m³)	Tilbakefyltingsmasser (m³)	Overskudd (m³)
		Start	Slutt								
Grand Total:											
				42 312,41			16 312,32	827,15	4 838,72	34 953,79	3 863,24
Fordrøyningsbasseng_Vest	Seksjon 27 - 55	0,00	75,50	75,50	1075,21	0,00	657,45	43,75	216,36	682,47	324,49
Fordrøyningsbasseng_Vest	Seksjon 55 - 56	75,50	146,55	71,06	1213,58	0,00	842,21	43,11	308,47	776,96	358,92
Fordrøyningsbasseng_Vest	Seksjon 56 - 57	146,55	161,48	14,92	174,21	0,00	174,21	9,01	63,86	257,26	65,88
Fordrøyningsbasseng_Vest	Seksjon 57 - 58	161,48	223,75	62,27	1491,74	0,00	735,68	37,73	269,52	1110,51	270,19
Fordrøyningsbasseng_Øst	Seksjon 5 - 59	0,00	66,06	66,06	4612,21	0,00	1008,28	47,71	473,31	3944,51	273,25
Fordrøyningsbasseng_Øst	Seksjon 59 - Bekkeinntak	66,06	133,35	67,29	2926,77	0,00	751,29	53,59	313,06	2316,59	378,51
OV_VEG10000_P1	Seksjon 1 - 2	0,00	40,20	40,20	4954,96	0,00	540,19	29,12	229,68	4626,81	-134,53
OV_VEG10000_P1	Seksjon 2 - 3	40,20	115,48	75,28	7259,12	0,00	1040,10	56,14	441,95	6636,33	-40,84
OV_VEG10000_P1	Seksjon 3 - 4	115,48	175,51	60,03	1233,86	0,00	232,79	12,36	9,29	1078,63	47,37
OV_VEG10000_P1	Seksjon 4 - 5	175,51	245,98	70,47	0,00	0,00	0,00	0,00	-157,62	0,00	0,00
OV_VEG10000_P2	Seksjon 28 - 29	0,00	48,78	48,78	136,29	0,00	171,01	4,33	28,29	97,97	28,51
OV_VEG10000_P2	Seksjon 29 - 30	48,78	84,82	36,04	54,77	0,00	5,65	4,09	9,44	43,57	6,84
OV_VEG10000_P3	Seksjon 30 - 31	84,82	139,65	54,83	44,03	0,00	0,00	5,14	11,31	44,03	-4,40
OV_VEG10000_P3	Seksjon 31 - 32	139,65	65,69	65,69	209,18	0,00	84,35	19,02	95,57	149,50	64,73
OV_VEG10000_P3	Seksjon 32 - 33	65,69	130,22	64,53	184,74	0,00	78,74	26,71	77,26	106,63	67,45
OV_VEG10000_P3	Seksjon 33 - 34	130,22	196,95	66,73	182,88	0,00	0,00	25,31	13,48	182,88	-18,29
OV_VEG10000_P3	Seksjon 34 - 35	196,95	245,46	48,51	132,59	0,00	102,64	16,04	48,89	93,78	29,44
OV_VEG10000_P3	Seksjon 35 - 36	245,46	324,40	78,94	239,44	0,00	523,50	17,66	117,05	87,80	142,86
OV_VEG10000_P3	Seksjon 36 - 37	324,40	379,27	54,87	159,31	0,00	316,00	20,15	79,20	37,66	99,96
OV_VEG10000_P3	Seksjon 37 - 38	379,27	429,64	50,36	145,61	0,00	402,51	30,06	77,10	77,10	104,18
OV_VEG10000_P3	Seksjon 38 - 39	429,64	489,68	60,05	177,10	0,00	406,13	28,19	85,71	55,42	116,14
OV_VEG10000_P3	Seksjon 39 - 40	489,68	555,92	66,24	185,94	0,00	402,51	30,06	74,61	74,61	101,13
OV_VEG11000_P2	Seksjon 26 - 27	0,00	58,94	58,94	889,51	0,00	672,35	28,98	247,31	539,79	295,75
OV_VEG11000_P2	Seksjon 27 - 28	0,00	62,57	62,57	511,94	0,00	234,50	5,46	38,48	458,35	7,76
OV_VEG60000	Seksjon 22 - 23	0,00	49,34	49,34	274,07	0,00	181,04	4,26	35,96	234,01	16,66
OV_VEG60000	Seksjon 23 - 24	49,34	114,68	65,34	303,42	0,00	317,00	7,50	55,69	236,44	43,34
OV_VEG60000	Seksjon 24 - 25	114,68	176,58	61,90	296,01	0,00	310,26	9,20	50,51	229,17	43,92
OV_VEG60000	Seksjon 25 - 26	176,58	190,16	13,58	196,22	0,00	20,43	0,97	3,04	144,75	-3,01
OV_VEG61000	Seksjon 6 - 7	0,00	42,80	42,80	197,48	0,00	154,46	3,75	25,41	161,55	19,77
OV_VEG61000	Seksjon 7 - 1	42,80	89,31	46,52	2278,24	0,00	226,17	22,45	50,12	2190,94	-131,80
OV_VEG62000	Seksjon 18 - 19	0,00	44,76	44,76	284,65	0,00	206,87	7,12	34,83	242,51	17,89
OV_VEG62000	Seksjon 19 - 20	44,76	86,05	41,29	238,56	0,00	205,19	6,66	34,99	194,53	24,57
OV_VEG62000	Seksjon 20 - 21	86,05	157,78	71,73	1315,44	0,00	545,06	16,81	137,85	1135,72	66,14
OV_VEG62000	Seksjon 21 - 4	157,78	175,21	17,43	579,55	0,00	124,87	3,85	31,70	537,94	-12,18
OV_VEG63000	Seksjon 13 - 14	0,00	52,06	52,06	0,00	0,00	0,00	0,00	-24,90	0,00	0,00
OV_VEG63000	Seksjon 14 - 15	52,06	85,19	33,14	0,51	0,00	0,37	0,01	-15,54	0,37	0,10
OV_VEG63000	Seksjon 15 - 16	85,19	104,47	19,28	233,57	0,00	161,35	4,97	44,86	174,83	41,26
OV_VEG63000	Seksjon 16 - 17	104,47	129,62	25,14	351,16	0,00	248,46	7,56	79,04	246,28	80,26
OV_VEG63000	Seksjon 17 - 4	129,62	188,16	58,54	1657,48	0,00	568,17	16,83	178,96	1416,26	99,60
OV_VEG64000	Seksjon 8 - 9	0,00	27,33	27,33	269,26	0,00	177,15	5,52	39,76	217,95	29,51
OV_VEG64000	Seksjon 9 - 10	27,33	90,29	62,96	1,76	0,00	84,11	0,02	-3,55	1,58	0,02
OV_VEG64000	Seksjon 10 - 11	90,29	132,15	41,87	569,56	0,00	191,26	5,81	40,29	513,35	4,87
OV_VEG64000	Seksjon 11 - 12	132,15	210,92	78,76	1993,59	0,00	520,96	16,30	116,88	1842,85	-33,55
OV_VEG64000	Seksjon 12 - 13	210,92	235,21	24,29	235,10	0,00	180,20	5,58	45,67	178,75	38,48
OV_VEG65000	Seksjon 41 - 42	0,00	80,00	80,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-27,85	0,00	0,00
OV_VEG65000	Seksjon 42 - 43	80,00	160,00	80,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-61,55	0,00	0,00
OV_VEG65000	Seksjon 43 - 44	160,00	239,98	79,98	195,12	0,00	398,53	12,12	96,07	25,40	167,19
OV_VEG65000	Seksjon 44 - 45	239,98	309,72	69,75	432,83	0,00	687,15	20,84	217,83	140,83	277,91
OV_VEG65000	Seksjon 45 - 46	309,72	389,72	80,00	805,72	0,00	912,57	27,72	70,50	354,75	415,50
OV_VEG65000	Seksjon 46 - 47	389,72	439,28	49,56	402,23	0,00	118,37	17,08	30,10	315,97	54,66
OV_VEG71000	Seksjon 48 - 49	0,00	67,24	67,24	339,46	0,00	174,87	6,46	34,07	289,43	21,10
OV_VEG71000	Seksjon 49 - 50	67,24	138,48	71,24	532,09	0,00	295,22	7,11	49,07	469,15	16,02

VEDLEGG 8: Mengdeberegninger

Novapoint

Mengder sammensatt

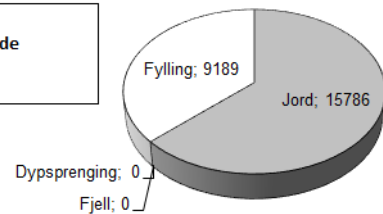
Sammendrag		Start profil:	0,00	Utførte anbrakte masse (m3)
Modell:	VEG10000	Slutt profil:	1033,56	
		Dato sist endret:	4/16/2021 7:59:13 AM	

Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
--------	---------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------

Planering	m3		m3	
Jord	15786	1,00	15786	
Fjell	0	-	0	
Dyppsprenging	0	-	0	
Fylling	9189	1,00	9189	

Diverse mengder	m3			
Justeringsmasser	1997			
Avrunding, skjæring	63			
Avrunding, fylling	122			

Overbygning	m3			m2
Slitelag	600			17060
Bindlag 1	602			17127
Bindlag 2	0			0
Bærelag 1	1253			17337
Bærelag 2	459			9228
Bærelag 3	0			0
Forsterkningslag 1	11411			20969
Forsterkningslag 2	0			0
Forsterkningslag 3	0			0
Filter- / Frostsikringslag	19			20256



Mengder sammensatt

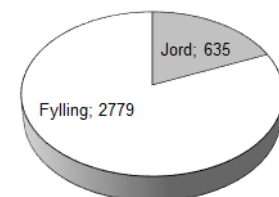
Sammendrag		Start profil:	0,00	Utførte anbrakte masse (m3)
Modell:	VEG11000	Slutt profil:	150,76	
		Dato sist endret:	4/16/2021 8:05:07 AM	

Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
--------	---------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------

Planering	m3		m3	Fjell: 0
Jord	635	1,00	635	Dyppsprenging: 0
Fjell	0	-	0	
Dyppsprenging	0	-	0	
Fylling	2779	1,00	2779	

Diverse mengder	m3			
Justeringsmasser	827			
Avrunding, skjæring	4			
Avrunding, fylling	25			

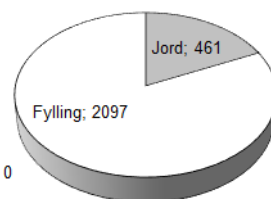
Overbygning	m3			m2
Slitelag	57			1574
Bindlag 1	47			1583
Bindlag 2	0			0
Bærelag 1	116			1614
Bærelag 2	65			1091
Bærelag 3	0			0
Forsterkningslag 1	11030			1879
Forsterkningslag 2	0			0
Forsterkningslag 3	0			0
Filter- / Frostsikringslag	2			1756



VEDLEGG 8: Mengdeberegninger

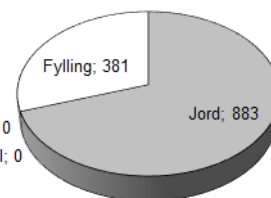
Mengder sammensatt			
Sammendrag		Start profil:	3,43
Modell:	VEG60000	Slutt profil:	227,82
		Dato sist endret:	4/16/2021 8:26:24 AM
			Utførte anbrakte masse (m3)

Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
Planering	m3		m3	
Jord	461	1,00	461	Fjell; 0 Dyppsprenging; 0
Fjell	0	-	0	
Dyppsprenging	0	-	0	
Fylling	2097	1,00	2097	
Diverse mengder	m3			
Justeringsmasser	667			
Avrunding, skjæring	3			
Avrunding, fylling	24			
Overbygning	m3			m2
Slitelag	96			2716
Bindlag 1	96			2731
Bindlag 2	0			0
Bærelag 1	215			2774
Bærelag 2	90			1509
Bærelag 3	0			0
Forsterkningslag 1	1666			3190
Forsterkningslag 2	0			0
Forsterkningslag 3	0			0
Filter- / Frostsikringslag	2			1643



Mengder sammensatt			
Sammendrag		Start profil:	0,00
Modell:	VEG61000	Slutt profil:	125,60
		Dato sist endret:	4/16/2021 8:28:48 AM
			Utførte anbrakte masse (m3)

Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
Planering	m3		m3	
Jord	883	1,00	883	Dyppsprenging; 0 Fjell; 0
Fjell	0	-	0	
Dyppsprenging	0	-	0	
Fylling	381	1,00	381	
Diverse mengder	m3			
Justeringsmasser	136			
Avrunding, skjæring	7			
Avrunding, fylling	6			
Overbygning	m3			m2
Slitelag	74			2227
Bindlag 1	74			2234
Bindlag 2	0			0
Bærelag 1	192			2266
Bærelag 2	49			817
Bærelag 3	0			0
Forsterkningslag 1	1197			2469
Forsterkningslag 2	0			0
Forsterkningslag 3	0			0
Filter- / Frostsikringslag	2			2383

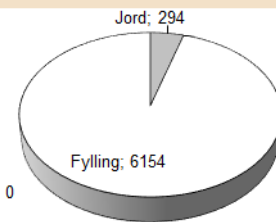


VEDLEGG 8: Mengdeberegninger

Mengder sammensatt

Sammendrag		Start profil:	2,50	Utførte anbrakte masse (m3)
Modell:	VEG62000	Slutt profil:	182,10	
		Dato sist endret:	4/21/2021 12:45:04 PM	

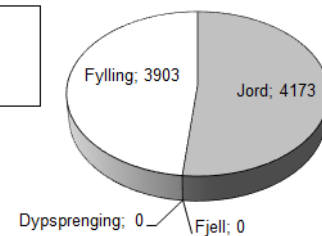
Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
Planering	m3		m3	
Jord	294	1,00	294	Fjell; 0 Dyppsprenging; 0
Fjell	0	-	0	
Dyppsprenging	0	-	0	
Fylling	6154	1,00	6154	
Diverse mengder	m3			
Justeringsmasser	1383			
Avrunding, skjæring	0			
Avrunding, fylling	40			
Overbygning	m3			m2
Slitelag	0			0
Bindlag 1	0			0
Bindlag 2	0			0
Bærelag 1	0			0
Bærelag 2	0			0
Bærelag 3	0			0
Forsterkningslag 1	1847			2865
Forsterkningslag 2	0			0
Forsterkningslag 3	0			0
Filter- / Frostsikringslag	3			2762



Mengder sammensatt

Sammendrag		Start profil:	0,46	Utførte anbrakte masse (m3)
Modell:	VEG63000	Slutt profil:	213,58	
		Dato sist endret:	4/21/2021 12:47:10 PM	

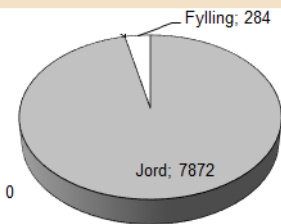
Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
Planering	m3		m3	
Jord	4173	1,00	4173	
Fjell	0	-	0	
Dyppsprenging	0	-	0	
Fylling	3903	1,00	3903	
Diverse mengder	m3			
Justeringsmasser	859			
Avrunding, skjæring	11			
Avrunding, fylling	33			
Overbygning	m3			m2
Slitelag	0			0
Bindlag 1	0			0
Bindlag 2	0			0
Bærelag 1	0			0
Bærelag 2	0			0
Bærelag 3	0			0
Forsterkningslag 1	2202			3411
Forsterkningslag 2	0			0
Forsterkningslag 3	0			0
Filter- / Frostsikringslag	3			3280



VEDLEGG 8: Mengdeberegninger

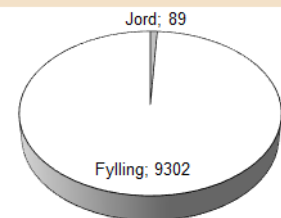
Mengder sammensatt			
Sammendrag		Start profil:	1,50
Modell:	VEG64000	Slutt profil:	214,81
		Dato sist endret:	4/16/2021 8:33:58 AM

Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
Planering	m3		m3	
Jord	7872	1,00	7872	Fjell; 0 Dyppsprenging; 0
Fjell	0	-	0	
Dyppsprenging	0	-	0	
Fylling	284	1,00	284	
Diverse mengder	m3			
Justeringsmasser	333			
Avrunding, skjæring	24			
Avrunding, fylling	10			
Overbygning	m3			m2
Slitelag	53			1336
Bindlag 1	53			1353
Bindlag 2	0			0
Bærelag 1	81			1381
Bærelag 2	83			1406
Bærelag 3	0			0
Forsterkningslag 1	1076			1785
Forsterkningslag 2	0			0
Forsterkningslag 3	0			0
Filter- / Frostsikringslag	2			1631



Mengder sammensatt			
Sammendrag		Start profil:	6,72
Modell:	VEG65000	Slutt profil:	480,68
		Dato sist endret:	4/21/2021 12:48:50 PM

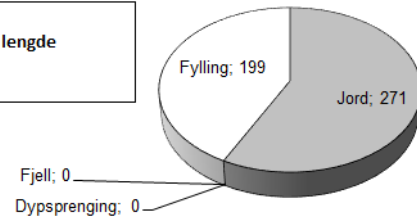
Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
Planering	m3		m3	
Jord	89	1,00	89	Fjell; 0 Dyppsprenging; 0
Fjell	0	-	0	
Dyppsprenging	0	-	0	
Fylling	9302	1,00	9302	
Diverse mengder	m3			
Justeringsmasser	2395			
Avrunding, skjæring	0			
Avrunding, fylling	82			
Overbygning	m3			m2
Slitelag	0			0
Bindlag 1	0			0
Bindlag 2	0			0
Bærelag 1	0			0
Bærelag 2	0			0
Bærelag 3	0			0
Forsterkningslag 1	4472			7086
Forsterkningslag 2	0			0
Forsterkningslag 3	0			0
Filter- / Frostsikringslag	6			6592



VEDLEGG 8: Mengdeberegninger

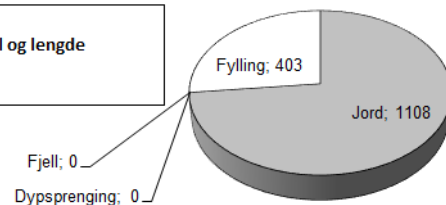
Mengder sammensatt			
Sammendrag		Start profil:	0,00
Modell:	VEG70000	Slutt profil:	134,23
		Dato sist endret:	4/16/2021 8:37:58 AM

Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
Planering	m3		m3	
Jord	271	1,00	271	
Fjell	0	-	0	
Dyppsprenging	0	-	0	
Fylling	199	1,00	199	
Diverse mengder	m3			
Justeringsmasser	126			
Avrunding, skjæring	3			
Avrunding, fylling	17			
Overbygning	m3			m2
Slitelag	20			678
Bindlag 1	20			682
Bindlag 2	0			0
Bærelag 1	69			700
Bærelag 2	0			0
Bærelag 3	0			0
Forsterkningslag 1	1 288			772
Forsterkningslag 2	0			0
Forsterkningslag 3	0			0
Filter- / Frostsikringslag	1			741



Mengder sammensatt			
Sammendrag		Start profil:	1,70
Modell:	VEG71000	Slutt profil:	268,75
		Dato sist endret:	4/16/2021 8:39:41 AM

Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
Planering	m3		m3	
Jord	1108	1,00	1108	
Fjell	0	-	0	
Dyppsprenging	0	-	0	
Fylling	403	1,00	403	
Diverse mengder	m3			
Justeringsmasser	264			
Avrunding, skjæring	16			
Avrunding, fylling	31			
Overbygning	m3			m2
Slitelag	45			1513
Bindlag 1	45			1529
Bindlag 2	0			0
Bærelag 1	155			1597
Bærelag 2	0			0
Bærelag 3	0			0
Forsterkningslag 1	697			1927
Forsterkningslag 2	0			0
Forsterkningslag 3	0			0
Filter- / Frostsikringslag	1			1837



VEDLEGG 8: Mengdeberegninger

Mengder sammensatt

Sammendrag

Start profil: 1,50

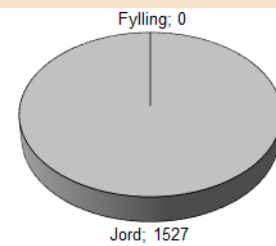
Utførte anbrakte masse (m3)

Modell: VEG80000

Slutt profil: 49,50

Dato sist endret: 4/16/2021 8:43:15 AM

Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
Planering	m3		m3	
Jord	1527	1,00	1527	
Fjell	0	-	0	Fjell; 0
Dyppsprenging	0	-	0	Dyppsprenging; 0
Fylling	0	-	0	
Diverse mengder	m3			
Justeringsmasser	40			
Avrunding, skjæring	6			
Avrunding, fylling	0			
Overbygning	m3			m2
Slitelag	14			365
Bindlag 1	13			369
Bindlag 2	0			0
Bærelag 1	22			375
Bærelag 2	23			381
Bærelag 3	0			0
Forsterkningslag 1	288			465
Forsterkningslag 2	0			0
Forsterkningslag 3	0			0
Filter- / Frostsikringslag	0			429



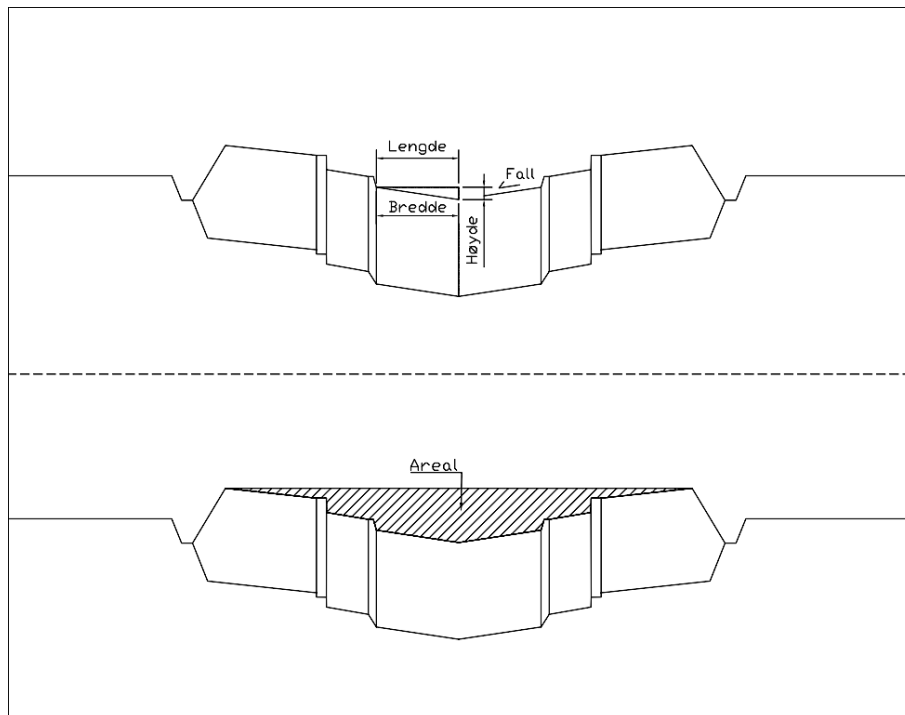
VEDLEGG 9: Flom

Figurene og tabellene I dette vedlegget er produsert I Excel, AutoCAD, Photoshop og SCALGO.

Flomberegninger for VEG

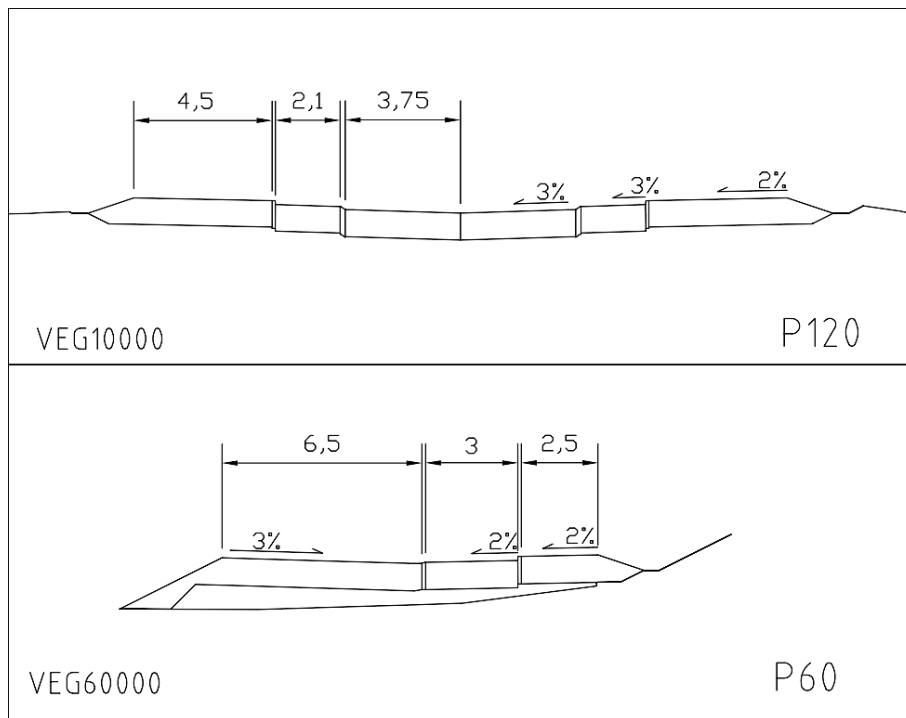
VEG	Profil	Flate helning	Vegbane	Sykkefelt	SF bredde	Gangfelt	GF bredde	GF 2 bredde
		m/m	m		m		m	m
10000	0-240	0,03	3,75	Begge sider	2,1	Begge sider	4,5	
60000	Alle	0,03	6,5	Høyre side	3	Høyre side	2,5	
61000	Alle	0,03	3,25	Venstre side	3	Begge sider	2,5	5,5
62000	Alle	0,02	7					
63000	Alle	0,02	7					
64000	Alle	0,03	3					

Tabell 1 Veger og flatebeskrivelse

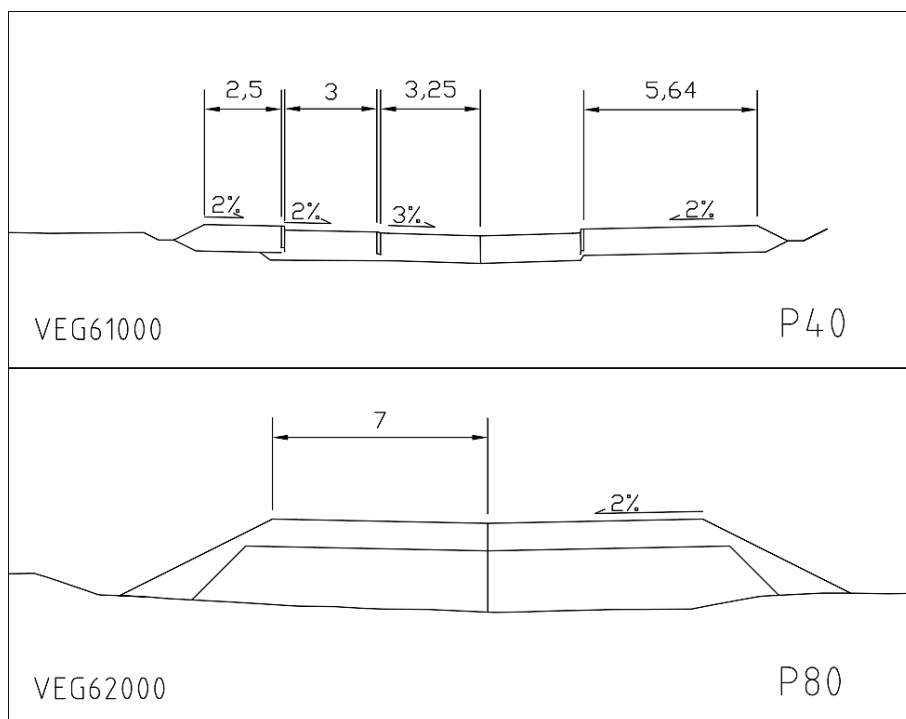


Figur 1 Vegflatene og tilgjengelig areal for vannføring

VEDLEGG 9: Flom

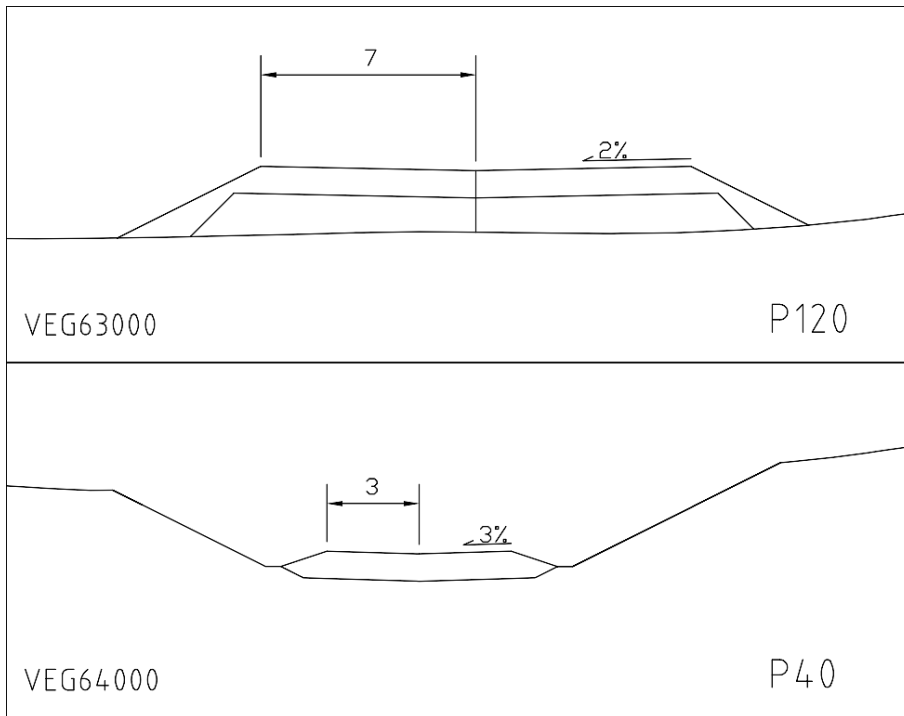


Figur 2 Tverrsnitt VEG1000 og VEG60000



Figur 3 Tverrsnitt VEG61000 og VEG62000

VEDLEGG 9: Flom



Figur 4 Tverrsnitt VEG63000 og VEG64000

VEDLEGG 9: Flom

Tverrsnitt overflate VEG10000	
Vegbane	
Bredde	3,75
Helning	0,030
Lengde	3,75
Høyde	0,1125
Areal (m ²)	0,4219
Kantstein 1	
Bredde	0,14
Bredde topp	0,03
Helning	0,700
Lengde	0,140
Høyde	0,098
Areal (m ²)	0,7487
Sykkelfelt	
Bredde	2,1
Helning	0,030
Lengde	2,10
Høyde	0,063
Areal (m ²)	0,6262
Kantstein 2	
Høyde	0,13
Bredde	0,1
Areal (m ²)	1,5652
Gangfelt	
Bredde	4,5
Helning	0,020
Lengde	4,500
Høyde	0,090
Areal (m ²)	1,5066
SUM Areal (m²)	4,8686
SUM Kontaktflate	21,50

Tabell 2 Utregning av vannførende areal på VEG10000

Hydraulisk radius		
Betegnelsen	Verdi	Beskrivelse
A	4,8686	Areal av vått tverrsnitt
P	21,50	Lengde av nedykket tverrsnitt
R	0,2264	
Fall		
x ₀	25,7	Høyde start
x ₁	14,04	Høyde slutt
D	260	Avstand
I	0,045	Fall (m/m)
Mannings formel		
M	55	Mannings friskjonstall
R	0,2264	Hydraulisk radius (m)
I	0,045	Fall (m/m)
v	4,3271	Fart (m/s)
Qmaks	21066,95	Maksimal vannføring (l/s)

Tabell 3 Utregning av potensiell overflate vannføring på VEG10000

VEDLEGG 9: Flom

Tverrsnitt overflate VEG60000 (Asymmetrisk)	
Venstre side:	
Vegbane	
Bredde	3,25
Helning	0,030
Lengde	3,250
Høyde	0,097
Areal (m ²)	0,6337
Høyre side:	
Kantstein 1	
Bredde	0,1
Bredde topp	0,02
Helning	0,330
Lengde	0,100
Høyde	0,033
Areal (m ²)	0,0016
Sykkelfelt	
Bredde	3
Helning	0,020
Lengde	2,999
Høyde	0,060
Areal (m ²)	0,0899
Kantstein 2	
Høyde	0,13
Bredde	0,1
Høyde før overløp	0,102
Areal (m ²)	0,3182
SUM Areal (m²)	1,0435
SUM Kontaktflate	9,852

Hydraulisk radius		
Betegnelsen	Verdi	Beskrivelse
A	1,0435	Areal av vått tverrsnitt
P	9,852	Lengde av nedykket tverrsnitt
R	0,1059	
Fall		
x ₀	25,9	Høyde start
x ₁	22,59	Høyde slutt
D	229,2	Avstand
I	0,014	Fall (m/m)
Mannings formel		
M	55	Mannings friskjonstall
R	0,1059	Hydraulisk radius (m)
I	0,014	Fall (m/m)
v	1,4796	Fart (m/s)
Qmaks	1544,05	Maksimal vannføring (l/s)

Tabell 4 Utregning av vannførende areal og potensiell overflate vannføring for VEG60000

VEDLEGG 9: Flom

Tverrsnitt overflate VEG61000 (Asymmetrisk)	
Vegbane: Symmetrisk	
Bredde	3,25
Helning	0,030
Lengde	3,250
Høyde	0,097
Areal (m ²)	0,3169
Høyre side:	
Kantstein H	
Høyde	0,13
Bredde	0,1
Areal (m ²)	0,4225
Gangfelt H	
Bredde	5,64
Helning	0,020
Lengde	5,640
Høyde	0,113
Areal (m ²)	0,6960
Venstre side:	
Kantstein V 1	
Bredde	0,1
Bredde topp	0,02
Helning	0,330
Lengde	0,100
Høyde	0,033
Areal (m ²)	0,1089
Sykkelfelt V	
Bredde	3
Helning	0,020
Lengde	2,999
Høyde	0,060
Areal (m ²)	0,2969
Kantstein V 2	
Høyde	0,13
Bredde	0,1
Areal (m ²)	0,8384
Gangfelt V	
Bredde	2,5
Helning	0,020
Lengde	2,500
Høyde	0,050
Høyde før overløp	0,020
Areal (m ²)	0,1546
SUM Areal (m²)	2,8341
SUM Kontaktflate	16,72

Tabell 5 Utregning av vannførende areal på VEG61000

VEDLEGG 9: Flom

Tverrsnitt overflate VEG62000	
Vegbane	
Bredde	7
Helning	0,020
Lengde	7,000
Høyde	0,140
Areal (m ²)	0,9800
SUM Areal (m²)	0,9800
SUM Kontaktflate	14,00

Hydraulisk radius		
Betegnelse	Verdi	Beskrivelse
A	0,9800	Areal av vått tverrsnitt
P	14,000	Lengde av nedykket tverrsnitt
R	0,0700	
Fall		
x ₀	20,07	Høyde start
x ₁	17,97	Høyde slutt
D	182,5	Avstand
I	0,012	Fall (m/m)
Mannings formel		
M	55	Mannings friskjonstall
R	0,0700	Hydraulisk radius (m)
I	0,012	Fall (m/m)
v	1,0021	Fart (m/s)
Qmaks	982,05	Maksimal vannføring (l/s)

Tabell 6 Utregning av vannførende areal og potensiell overflate vannføring for VEG62000

Hydraulisk radius		
Betegnelse	Verdi	Beskrivelse
A	2,8341	Areal av vått tverrsnitt
P	16,720	Lengde av nedykket tverrsnitt
R	0,1695	
Fall		
x ₀	26	Høyde start
x ₁	27,23	Høyde slutt
D	129,5	Avstand
I	0,009	Fall (m/m)
Mannings formel		
M	55	Mannings friskjonstall
R	0,1695	Hydraulisk radius (m)
I	0,009	Fall (m/m)
v	1,6417	Fart (m/s)
Qmaks	4652,69	Maksimal vannføring (l/s)

Tabell 7 Utregning av potensiell overflate vannføring på VEG61000

VEDLEGG 9: Flom

Tverrsnitt overflate VEG63000	
Vegbane	
Bredde	7
Helning	0,020
Lengde	7,000
Høyde	0,140
Areal (m ²)	0,9800
SUM Areal (m²)	0,9800
SUM Kontaktflate	14,00

Hydraulisk radius		
Betegnelsen	Verdi	Beskrivelse
A	0,9800	Areal av vått tverrsnitt
P	14,000	Lengde av neddykket tverrsnitt
R	0,0700	
Fall		
x ₀	17,96	Høyde start
x ₁	20,64	Høyde slutt
D	213,5	Avstand
I	0,013	Fall (m/m)
Mannings formel		
M	55	Mannings friskjonstall
R	0,0700	Hydraulisk radius (m)
I	0,013	Fall (m/m)
v	1,0466	Fart (m/s)
Qmaks	1025,71	Maksimal vannføring (l/s)

Tabell 8 Utregning av vannførende areal og potensiell overflate vannføring for VEG63000

VEDLEGG 9: Flom

Tverrsnitt overflate VEG64000	
Vegbane	
Bredde	3
Helning	0,030
Lengde	3,000
Høyde	0,090
Areal (m ²)	0,2700
SUM Areal (m²)	0,2700
SUM Kontaktflate	6,00

Hydraulisk radius		
Betegnelsen	Verdi	Beskrivelse
A	0,2700	Areal av vått tverrsnitt
P	6,000	Lengde av nedykket tverrsnitt
R	0,0450	
Fall		
x ₀	20,64	Høyde start
x ₁	27,12	Høyde slutt
D	216,2	Avstand
I	0,030	Fall (m/m)
Mannings formel		
M	55	Mannings friskjonstall
R	0,0450	Hydraulisk radius (m)
I	0,030	Fall (m/m)
v	1,2047	Fart (m/s)
Qmaks	325,26	Maksimal vannføring (l/s)

Tabell 9 Utregning av vannførende areal og potensiell overflate vannføring for VEG64000

VEDLEGG 9: Flom

Flomberegninger for område:

I (Nedbørsintensitet) 200-års regn (10min)	277,3	l/s*ha
Klimafaktor	1,2	
I _{klimajustert} 200-års regn	332,76	l/s*ha

Tabell 10 Nedbørsintensitet 200-års regn

Vannføring under veg						Rør dimensjoner - Colebrook white's formel				Testing av kapasitet rør og SF	
VEG	SF	Avstand	Q _{inn}	Påkobling	Kumulativt	Helning	Di (m)	k(m)	Q _{maks}	Q _{inn} <20l/s	Q _{maks} >Kum.
VEG10000 (1)											
	1	14,08	9,45	4898,68	4908,1	0,022	1,2	0,0015	5638,69	SANN	SANN
	2	25	16,78		4924,9	0,022	1,2	0,0015	5638,69	SANN	SANN
	3	25	16,78	67,39	5009,1	0,022	1,2	0,0015	5638,69	SANN	SANN
	4	25	16,78		5025,9	0,022	1,2	0,0015	5638,69	SANN	SANN
	5	25	16,78		5042,7	0,022	1,2	0,0015	5638,69	SANN	SANN
	6	25	16,78		5059,4	0,022	1,2	0,0015	5638,69	SANN	SANN
	7	25	16,78		5076,2	0,022	1,2	0,0015	5638,69	SANN	SANN
	8	25	16,78	1241,05	6334,1	0,022	1,4	0,0015	8450,73	SANN	SANN
	9	25	16,78		6350,8	0,022	1,4	0,0015	8450,73	SANN	SANN
	10	25	16,78	17,00	6384,6	0,022	1,4	0,0015	8450,73	SANN	SANN
VEG10000 (2)											
	11	25,32	11,37		11,37	0,006	0,15	0,0015	11,93	SANN	SANN
	12	33,15	14,88		26,25	0,006	0,2	0,0015	25,73	SANN	USANN
	13	33,15	14,88		41,13	0,006	0,25	0,0015	46,62	SANN	SANN
	14	33,15	14,88		56,01	0,006	0,3	0,0015	75,69	SANN	SANN
	15	33,15	14,88		70,90	0,006	0,3	0,0015	75,69	SANN	SANN
	16	33,15	14,88		85,78	0,006	0,3	0,0015	75,69	SANN	USANN
	17	33,15	14,88		100,66	0,006	0,4	0,0015	162,31	SANN	SANN
	18	33,15	14,88		115,54	0,006	0,4	0,0015	162,31	SANN	SANN
	19	33,15	14,88		130,43	0,006	0,4	0,0015	162,31	SANN	SANN
	20	33,15	14,88		145,31	0,006	0,4	0,0015	162,31	SANN	SANN
	21	33,15	14,88		160,19	0,006	0,4	0,0015	162,31	SANN	SANN
	22	33,15	14,88		175,07	0,006	0,4	0,0015	162,31	SANN	USANN
	23	33,15	14,88		189,96	0,006	0,5	0,0015	292,92	SANN	SANN
	24	33,15	14,88		204,84	0,006	0,5	0,0015	292,92	SANN	SANN
	25	33,15	14,88		219,72	0,006	0,5	0,0015	292,92	SANN	SANN
	26	33,15	14,88		234,60	0,006	0,5	0,0015	292,92	SANN	SANN
	27	33,15	14,88		249,49	0,006	0,5	0,0015	292,92	SANN	SANN
	28	33,15	14,88		264,37	0,006	0,5	0,0015	292,92	SANN	SANN
	29	33,15	14,88		353,66	0,006	0,6	0,0015	474,14	SANN	SANN
	30	33,15	14,88		59,53	0,033	0,2	0,0015	60,63	SANN	SANN
	31	33,15	14,88		44,65	0,033	0,2	0,0015	60,63	SANN	SANN
	32	33,15	14,88		29,76	0,033	0,15	0,0015	28,15	SANN	USANN
	33	33,15	14,88		14,88	0,033	0,15	0,0015	28,15	SANN	SANN

Tabell 11 Sjekk av kumulativ vannføring ved 200-års regn, og om vannmengdene overskrider sandfangenes eller ledningsnettets kapasitet VEG10000

VEDLEGG 9: Flom

Vannføring under veg						Rør dimensjoner - Colebrook white's formel				Testing av kapasitet rør og SF		
VEG	SF	Avstand	Q _{inn}	Påkobling	Kumulativt	Helning	Di (m)	k(m)	Q _{maks}	Q _{inn} <20l/s	Q _{maks} >Kum.	
VEG11000												
	34	8,87	5,56	3613,35	3618,9	0,043	1	0,0015	4884,84	SANN	SANN	
	35	25,6	16,05		3635,0	0,043	1	0,0015	4884,84	SANN	SANN	
	36	37,5	23,51		3658,5	0,043	1	0,0015	4884,84	USANN	SANN	
	37	37,5	23,51		23,5	0,075	0,15	0,0015	42,49	USANN	SANN	
	38	37,5	23,51		47,0	0,075	0,2	0,0015	91,52	USANN	SANN	
VEG60000												
	39	49,0	17,22		17,22	0,014	0,15	0,0015	18,29	SANN	SANN	
	40	49,2	17,29		34,52	0,014	0,2	0,0015	39,42	SANN	SANN	
	41	65,0	22,85		57,36	0,014	0,25	0,0015	71,39	USANN	SANN	
	42	65,4	22,99		80,35	0,014	0,25	0,0015	71,39	USANN	USANN	
VEG61000												
	43	43,2	22,56		22,56	0,01	0,2	0,0015	33,28	USANN	SANN	
	44	43,2	22,56		45,12	0,01	0,25	0,0015	60,28	USANN	SANN	
	45	43,2	22,56		67,68	0,01	0,3	0,0015	97,85	USANN	SANN	
VEG62000												
	46	26,1	10,91		10,91	0,012	0,15	0,0015	16,92	SANN	SANN	
	47	26,1	10,91		21,82	0,012	0,2	0,0015	36,48	SANN	SANN	
	48	26,1	10,91		32,73	0,012	0,2	0,0015	36,48	SANN	SANN	
	49	26,1	10,91	356,07	399,71	0,012	0,5	0,0015	414,81	SANN	SANN	
	50	26,1	10,91		410,61	0,012	0,5	0,0015	414,81	SANN	SANN	
	51	26,1	10,91		421,52	0,012	0,5	0,0015	414,81	SANN	USANN	
	52	26,1	10,91		432,43	0,012	0,5	0,0015	414,81	SANN	USANN	
VEG63000												
	53	26,7	11,24	426,62	437,85	0,013	0,6	0,0015	698,83	SANN	SANN	
	54	26,7	11,24		449,09	0,013	0,6	0,0015	698,83	SANN	SANN	
	55	26,7	11,24		460,33	0,013	0,6	0,0015	698,83	SANN	SANN	
	56	26,7	11,24		471,56	0,013	0,6	0,0015	698,83	SANN	SANN	
	57	26,7	11,24	292,11	774,91	0,013	0,8	0,0015	1491,76	SANN	SANN	
	58	26,7	11,24		786,15	0,013	0,8	0,0015	1491,76	SANN	SANN	
	59	26,7	11,24		797,38	0,013	0,8	0,0015	1491,76	SANN	SANN	
	60	26,7	11,24		808,62	0,013	0,8	0,0015	1491,76	SANN	SANN	
VEG64000												
	61	43,2	7,90	95,00	102,90	0,03	0,4	0,0015	364,00	SANN	SANN	
	62	43,2	7,90		110,80	0,03	0,4	0,0015	364,00	SANN	SANN	
	63	43,2	7,90		118,70	0,03	0,4	0,0015	364,00	SANN	SANN	
	64	43,2	7,90		126,60	0,03	0,4	0,0015	364,00	SANN	SANN	
	65	43,2	7,90	292,11	426,62	0,03	0,5	0,0015	656,66	SANN	SANN	
VEG65000												
	66	33,14	11,87			11,87	0,005	0,2	0,0015	23,47	SANN	SANN
	67	48	17,19		203,58	232,64	0,005	0,5	0,0015	267,28	SANN	SANN
	68	48	17,19	249,84		0,005	0,5	0,0015	267,28	SANN	SANN	
	69	48	17,19	227,35		494,38	0,005	0,8	0,0015	923,84	SANN	SANN
	70	48	17,19			511,57	0,005	0,8	0,0015	923,84	SANN	SANN
	71	50,73	18,17		211,36	741,10	0,005	0,8	0,0015	923,84	SANN	SANN
	72	48	17,19			758,29	0,005	0,8	0,0015	923,84	SANN	SANN
	73	48	17,19	263,94		1039,43	0,005	1	0,0015	1662,14	SANN	SANN
	74	48	17,19			1056,62	0,005	1	0,0015	1662,14	SANN	SANN
	75	47,7	17,08		1073,70	0,005	1	0,0015	1662,14	SANN	SANN	
VEG71000												
	76	67,2	12,22		12,22	0,005	0,2	0,0015	23,47	SANN	SANN	
	77	67,2	12,22		24,45	0,005	0,25	0,0015	42,53	SANN	SANN	
	78	67,2	12,22		48,89	0,005	0,3	0,0015	69,05	SANN	SANN	
VEG80000												
	79	50	17,00		17,00	0,034	0,15	0,0015	28,57	SANN	SANN	

Tabell 12 Sjekk av kumulativ vannføring ved 200-års regn, og om vannmengdene overskrider sandfangenes eller ledningsnettets kapasitet VEG11000-80000

VEDLEGG 9: Flom

VEG	V _{overflate}	V _{rør}	
10000 (1)	0,0	6384,6	L/s
10000 (2)	25,0	328,7	L/s
11000 (1)	3,5	3655,0	L/s
11000 (2)	10,5	40	L/s
60000	9,0	71,4	L/s
61000	7,7	60,0	L/s
62000	17,6	414,8	L/s
63000	0,0	808,6	L/s
64000	0,0	426,6	L/s
65000	0,0	1073,7	L/s
71000	0,0	48,9	L/s
80000	0,0	17,0	L/s

Tabell 13 Vannføring i rør og på overflate ved 200-års regn

		Minutter						
GI (år)	IVF (l/(s*ha))	1	2	3	5	10	15	20
	200	667,1	576	507,8	406,8	277,3	225,9	224,3
	200	176,9	121	96,8	75,8	75,4	55,4	360

Tabell 14 Nedbørsintensitet 200-års regn, Madla målestasjon

Interpolasjon 5min (l/s * ha)

min	5	10	15	20	25	30
200-års	406,8	277,3	225,9	224,3	200,6	176,9
min	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0
200-års	158,3	139,6	121,0	112,9	104,9	96,8

Tabell 15 Interpolerte verdier for nedbørsintensitet 200-års regn

Nedbørsintensitet 10min

200-års gjentakintervall						
min	10	20	30	40	50	60
l/(s*ha)	277,3	224,3	176,9	139,6	112,9	96,8
I _{min}	277,3	171,3	82,1	27,8	6,1	16,1

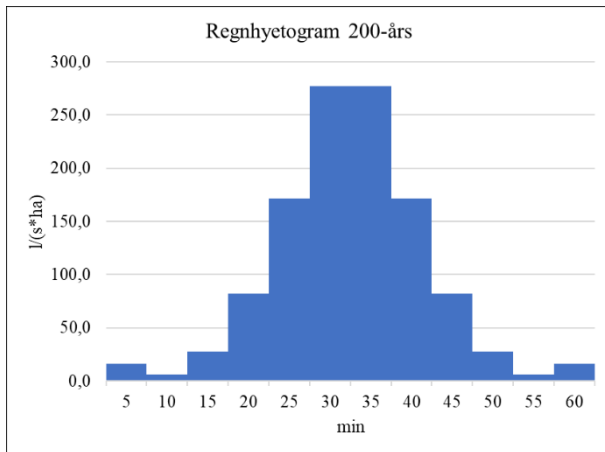
Tabell 16 Regnhyetogram-beregning av nedbørsintensiteter, 200-års regn

Regnhyetogram 5min

Gjentaksintervall	min	5	10	15	20	25	30
200-års	l/(s*ha)	16,1	6,1	27,8	82,1	171,3	277,3
Gjentaksintervall	min	35	40	45	50	55	60
200-års	l/(s*ha)	277,3	171,3	82,1	27,8	6,1	16,1

Tabell 17 Regnhyetogram 200-års regn

VEDLEGG 9: Flom

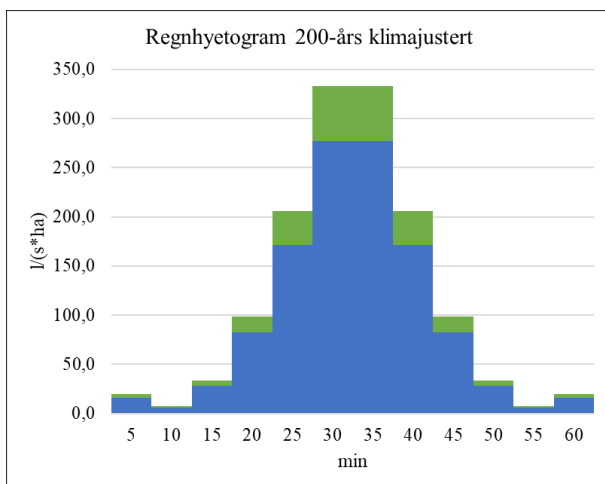


Figur 5 Regnhyetogram 200-års regn

Regnhyetogram 5min justert med klimafaktor

Gjentaksintervall	min	5	10	15	20	25	30
200-års	I/(s*ha)	19,36	7,36	33,4	98,52	205,56	332,76
Gjentaksintervall	min	35	40	45	50	55	60
200-års	I/(s*ha)	332,76	205,56	98,52	33,4	7,36	19,36

Tabell 18 Regnhyetogram justert med klimafaktor, 200-års regn



Figur 6 Regnhyetogram justert med klimafaktor, 200-års regn

200-års	Påkobling (l/s)
PK1	3533
PK2	4832
PK3	209,79
Total	8574,79

Tabell 19 Vannføring i påkobling til byggetrinn 1, 200-års regn

Vannføring i utløp	200-års gjentaksintervall	
	I/s	Fra delområde (l/s)
Kum		
O5	6384,60	1261,1
O31/47	1427,3	
O27	3658,5	461,26
O50/52	95,89	
Sum	13288,65	

Tabell 20 Vannføring i utløp, 200-års regn

VEDLEGG 9: Flom

Fordrøyningsone 1		min	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
200-års regn		I	19,36	7,36	33,4	98,52	205,56	332,76	332,76	205,56	98,52	33,4	7,36	19,36
Cmidl*ha	12,381	Qdimm	239,69	91,12	413,51	1219,73	2544,95	4119,76	4119,76	2544,95	1219,73	413,51	91,12	239,69
Ut	4436,47	Differanse	4196,78	4345,35	4022,96	3216,74	1891,52	316,71	316,71	1891,52	3216,74	4022,96	4345,35	4196,78

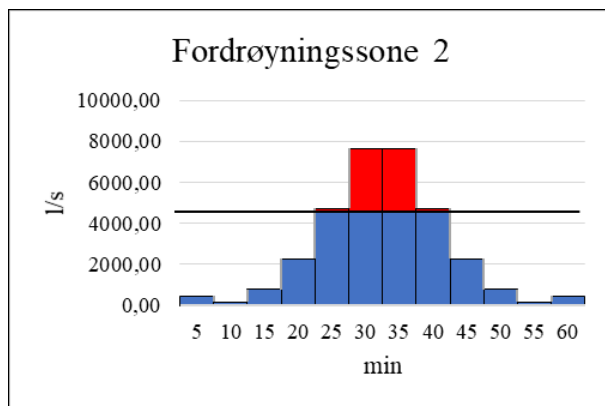
Vinn-Vut	0,00	l/s	Intensitet med total varighet 10min
Volum	0,00	m ³	Intensitet * varighet

Tabell 21 Fordrøyningsbehov (regnhyetogram), fordrøyningsone-1 200-års regn

Fordrøyningsone 2		min	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
200-års regn		I	19,36	7,36	33,4	98,52	205,56	332,76	332,76	205,56	98,52	33,4	7,36	19,36
Cmidl*ha	22,977	Qdimm	444,83	169,11	767,42	2263,66	4723,07	7645,70	7645,70	4723,07	2263,66	767,42	169,11	444,83
Ut	4568,45	Differanse	4123,62	4399,34	3801,03	2304,79	-154,62	-3077,25	-3077,25	-154,62	2304,79	3801,03	4399,34	4123,62

Vinn-Vut	3077,25	l/s	Intensitet med total varighet 10min
Vinn-Vut	154,62	l/s	Intensitet med total varighet 10min
Volum	1846,35	m ³	Intensitet * varighet

Tabell 22 Fordrøyningsbehov (regnhyetogram), fordrøyningsone-2 200-års regn

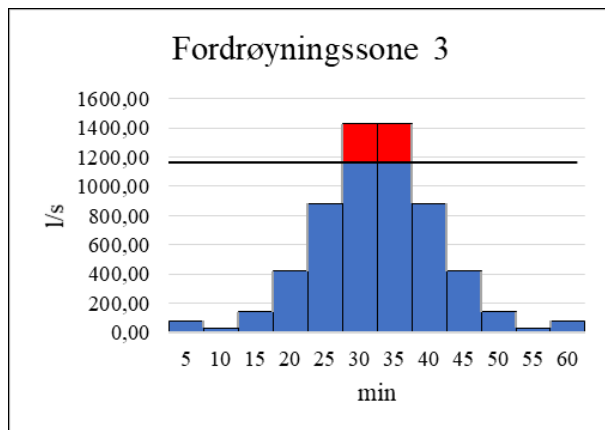


Figur 7 Fordrøyningsbehov (regnhyetogram), fordrøyningsone-2 200-års regn

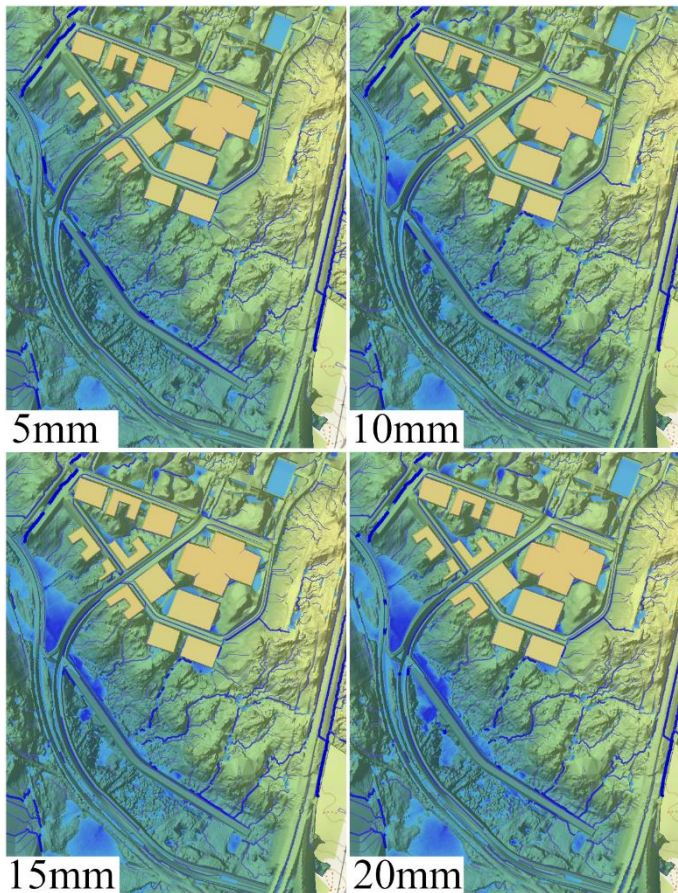
Fordrøyningsone 3		min	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
200-års regn		I	19,36	7,36	33,4	98,52	205,56	332,76	332,76	205,56	98,52	33,4	7,36	19,36
Cmidl*ha	4,289	Qdimm	83,04	31,57	143,26	422,58	881,70	1427,30	1427,30	881,70	422,58	143,26	31,57	83,04
Ut	1147,19	Differanse	1064,15	1115,62	1003,93	724,61	265,48	-280,11	-280,11	265,48	724,61	1003,93	1115,62	1064,15

Vinn-Vut	280,11	l/s	Intensitet med total varighet 10min
Volum	168,07	m ³	Intensitet * varighet

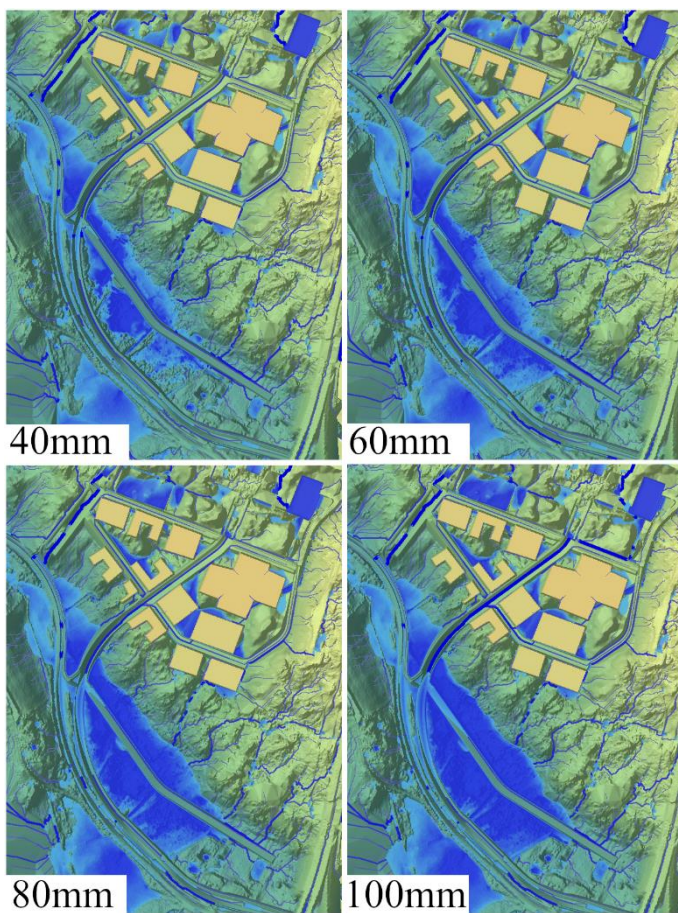
Tabell 23 Fordrøyningsbehov (regnhyetogram), fordrøyningsone-3 200-års regn



Figur 8 Fordrøyningsbehov (regnhyetogram), fordrøyningsone-3 200-års regn



Figur 9 Flashflood mapping, 5-20mm



Figur 10 Flashflood mapping, 40-100mm