



***UTVIKLING AV NY INNTAKSLØSNING TIL
STIKKRENNER I SIDEBRATT TERRENG***

PER ARNE KOLSETH

MORTEN AUSTDAL

**Høgskolen i Gjøvik
Avdeling for teknologi, økonomi og ledelse
Bachelor i ingeniørfag - bygg**

Bacheloroppgave

Våren 2014

Forord

Som avsluttende oppgave her ved bygg-ingeniørinja på HiG, har vi valgt å ta for oss inntaksløsning for stikkrenner i sidebratt terreng. Oppgaven skrives for Statens vegvesen, i forbindelse med deres utvidelse-, og rassikring av fv. 255, Graupe – Ångstad.

Denne rapporten tar for seg problematikken rundt overvanns-, og grunnvannshåndtering ved anleggelse av veg i sidebratt terreng. Vi har gjennom perioden anvendt beskrevet teori, vært ute på besiktigelser, samt rådført oss med fagpersoner innen emnet.

Dette har resultert i at vi har kommet frem til et løsningsforslag til en ny type inntak, som vi mener vil kunne løse denne problemstillingen.

Samtalene med Statens vegvesen angående oppgave til vår bachelorrapport ble startet i september. I utgangspunktet skulle oppgaven omhandle innsparingstiltak ved utbedringsprosjektet for fv. 255 Graupe-Ångstad. Det var ved kartlegging av mulige tiltak vi fikk øynene opp for utviklingspotensialet til stikkrenneinntak. Dermed valgte vi å spesifisere oppgaven til å gå i dybden på valgte problemområde.

Som vår oppdragsgiver- og kontaktperson i Statens vegvesen, ønsker vi å takke Jan Nørstegård for det gode samarbeidet, samt Betonor Vingrom AS og Ahsco Entreprenør AS for hjelp med prototypen. Vi vil også rette en stor takk til Atle Solbakken, Trond Holmestad, Steinar Myrabø, og Sigmund Forseth for teknisk prosjektveiledning, samt vår veileder ved HiG Leif Erik Storm.

Vi erklærer at denne bacheloroppgaven og arbeidet presentert i den er vårt eget, og der vi har konsultert andre/samarbeidet med andre, er dette alltid tydelig oppgitt.

Sted/Dato

Lillehammer / 19/5-14



Per Arne Kolseth



Morten Austdal

SAMMENDRAG

Tittel: UTVIKLING AV NY INNTAKSLØSNING TIL STIKKRENNER I SIDEBRATT TERRENG.		Dato: 15052014
Deltakere: Per Arne Kolseth Morten Austdal		
Veileder: Leif Erik Storm v/HiG		
Oppdragsgiver: Jan Nørstegård v/Statens vegvesen		
Nøkkelord: Stikkrenne, Inntak, Hydraulikk, Geoteknikk, Betong		
Antall sider/ord: 76 / 13729	Antall vedlegg: 13	Publiseringsavtale inngått: nei
<p>Sammendrag:</p> <p>I denne bacheloroppgaven er det sett nærmere på stikkrenneinntak i sidebratt terreng. Dette er blitt utført med bakgrunn i siste års problematikk rundt stikkrenner og deres inntak, som ved flom har forårsaket store skader. Noe som i stor grad kunne vært unngått, hadde prosjektering-, samt drift og vedlikehold knyttet til vannhåndtering, blitt utført med en høyere konsekvensforståelse.</p> <p>Målet vårt ble dermed å komme frem til en bedre rustet inntaksløsning, for ekstreme situasjoner. Kriterier som ble vektlagt var; høyere kapasitet, mindre fare for gjentetting, og tilpasningsdyktighet. Samtidig som vi ønsket at løsningen skulle bli konkurransedyktig i pris.</p> <p>For å komme frem til konstruksjonen vi valgte å gå for, skisserte vi flere løsninger. Valgte løsning ble så 3D-modellert, hydraulisk beregnet og dimensjonert. Rapporten tar for seg denne løsningen som i teorien vil innfri alle våre mål.</p> <p>For kvalitetssikring av våre teoretiske beregninger, ble det bygget en fullskala prototype til innsamling av målbare resultater. Denne ble utplassert i begynnelsen av uke 19, på et egnet problemområde ved fv.255 Graupe – Ångstad.</p> <p>Da denne våren ikke har bydd på de store vannføringene, verken av ekstrem snøsmelting og-/eller nedbør, har vi ikke oppnådd noen målbare resultater for kapasitet, eller drift og vedlikehold. Derimot har målinger av produksjon og utsetting gitt oss positive resultater, samt at løsningen har høstet meget god kritikk av fagfolk innen bransjen.</p>		

ABSTRACT

Title:	DEVELOPMENT OF NEW INTAKESYSTEM FOR CULVERTS IN SIDE STEEP TERRAIN.	Date: 15052014
Participants:	Per Arne Kolseth Morten Austdal	
Supervisor:	Leif Erik Storm v/HiG	
Employer:	Jan Nørstegård v/Statens vegvesen	
Keywords	Culvert, Intake, Hydraulics, Soil-technic, Concrete	
Number of pages/words: 76 / 13729	Number of appendix: 13	Availability: confidential
<p>Short description of the bachelor thesis:</p> <p>This bachelor thesis takes a closer look on the culvert intake in bright side steep terrain. It is based on last year's issues around culverts and their intake, which has caused large damages while flooding. The enormous damage could largely have been avoided, had the design, and operation and maintenance related to water management been performed with a deeper level of consequence understanding.</p> <p>Our goal was to come up with a better equipped intake solution for these extreme situations. Criteria that were highlighted were; higher capacity, less risk of clogging, and adaptability. While we wished that the solution could compete in price with the existing solutions on the marked.</p> <p>During the process of this thesis, we have made several designs. The selected one we have 3D-modelled, hydraulically calculated, and dimensioned.</p> <p>This report deals the solution that in theory will meet all our goals.</p> <p>For quality assurance of our theoretical calculations, it has been built a full-scale prototype for collecting measurable results. This was deployed at the beginning of week 19, on a suitable problem area by fv.255 Graupe - Ångstad.</p> <p>Then this spring not have bid on the major water course, neither by extreme snowmelt or rain, we have not achieved some measurable results for capacity or operation and maintenance. In contrast, measurements of production and launching has given us positive results, and that the solution has received very good reviews of professionals in the industry.</p>		

Innhold

1	Innledning.....	13
1.1	Bakgrunn for oppgaven	14
1.2	Prosjekt- og problembeskrivelse med problemstilling	15
1.3	Avgrensninger og forutsetninger	16
1.4	Økonomiske forhold	16
1.5	Miljøendringer	17
1.6	Kontrakter og avtaler	17
1.7	Ingeniørfaglig grunnlag	17
1.8	Kvalitetssikring.....	17
1.9	Risikoevaluering.....	18
2	Teori	19
2.1	Forklarende figurer for bedre forståelse av oppgaven.....	19
2.2	Bergskråninger og skjæringer.....	21
2.3	Jordskråninger og skjæringer.....	22
2.4	Overflateerosjon	22
2.5	Grøfter og dreneringsprinsipper	23
2.5.1	Valg av dreneringsprinsipper	24
2.5.2	Lukket drenering	25
2.5.3	Drenering av vegens sideområder	25
2.5.4	Stikkrenner	26
2.6	Eksisterende innløpstyper.....	27
2.6.1	Spesialutformede inntaksløsninger	29
2.7	Prosjekteringskrav	29
2.8	Hydraulikk	29
2.8.1	Vannstrømning	30

2.8.2	Kapasitet.....	32
2.8.3	Innløpskontroll	32
2.8.4	Utløpskontroll.....	32
2.8.5	Over- og underkritisk strømning.....	32
2.8.6	Turbulent eller laminær strømning.....	34
2.8.7	Dimensjonering av stikkrenner	34
2.8.8	Skjærspenning mellom vannføring og rør.....	35
2.8.9	Kapasitetsberegning ved delfylte rør.....	36
2.8.10	Stikkrenne med reservekapasitet i inntaket.....	37
2.8.11	Erosjonssikring ved utløp.....	38
2.9	Inntaksristens funksjon	39
2.10	Drift og vedlikehold	39
2.11	Trafikksikkerhet.....	40
2.12	Betong.....	40
2.13	Produktutvikling	41
2.14	Geoteknikk.....	42
2.14.1	Jordtrykk.....	42
2.14.2	Trafikklast	43
3	Metode.....	44
3.1	Planleggingsfasen	44
3.1.1	Befaring.....	44
3.1.2	Eksisterende løsninger.....	45
3.1.3	Innhenting av teoretisk grunnlag.....	46
3.1.4	Utforming av modell	46
3.1.5	Kvalitetssikring av eksisterende løsninger.....	47
3.1.6	Samarbeid med Betonor Vingrom.....	47

3.1.7	Markedsanalyse	47
3.2	Prosjekteringsfasen	48
3.2.1	Hydraulisk prosjektering	48
3.2.2	Betong og armering	49
3.2.3	Dimensjonering av konstruksjonen	49
3.2.4	Geoteknikk	49
3.2.5	Utarbeidelse av arbeidstegninger	50
3.3	Bygge- og utsettingsfasen	50
3.3.1	Utplassering i terreng og måling	50
3.4	Avsluttende rapportfase	51
4	Resultat	52
4.1	Form	52
4.2	Kapasitetsberegninger ved $y_1/D = 1,0$	54
4.3	Kapasitetsberegning for hydraulisk kort kulvert med reservekapasitet	56
4.4	Geoteknikk	57
4.5	Betong	57
4.5.1	Dimensjonering	58
4.6	Inntakets rist	59
4.7	Tegninger	59
4.8	Bygging av prototypen	59
4.9	Utsetting av prototypen	62
4.10	Markedsanalyse	63
4.11	Økonomi	63
4.12	Rasjonell og økonomisk anleggsdrift	64
5	Analyse	68
5.1	Grøftetilpasset konstruksjon	68

Bacheloroppgave 2014

5.2	Generell anvendelse.....	68
5.3	Bygningsmateriale	69
5.4	Kapasitetsberegninger for inntaksløsningen.....	69
5.4.1	Turbulensens innvirkning på selvrens.....	70
5.5	Produktutvikling og markedsbehov.....	71
5.6	Rasjonell og økonomisk gunstig løsning.....	71
5.7	Drift- og vedlikeholds reduserende løsning.....	72
6	Konklusjon	73
7	Diskusjon.....	74
7.1	Veien videre.....	74
7.2	Oppgaven satt i perspektiv	75
	Litteraturliste	76
	Vedlegg	77

Figur-/bildeliste

Bilde 1 Viser hvilke skader vann på avvei kan gjøre!.....	13
Bilde 2 Viser bilde skader på fv. 255 Skåbuvegen	14
Bilde 3 Viser skader på ny veg etter flommen som følge av tette stikkrenner	14
Figur 1 Viser elementer som inngår i veggen og vegens sideterreng og oppbygging	19
Figur 2 Normalprofil ved bergskjæring	21
Figur 3 Normalprofil ved bergskjæring ved begrenset areal.....	21
Figur 4 Skjæringsprofilen til veg med grunn sidegrøft i jordskjæring.....	22
Bilde 4 Overflateerosjon i nybygd skjæring.	23
Figur 5 Viser grunn sidegrøft med lukket drenering.....	25
Figur 6 Ilusterer dreneringsgrøft i terreng ved vegens sideområde	25
Bilde 5 Viser nedføringsrenner langs jordskjæring.....	26
Figur 7 Eksisterende innløpsutforminger	27
Figur 8 Skisse av sandfang med kuppelrist i grøft	28
Figur 9 Viser de viktigste størrelsene i en stikkrenne	30
Figur 11 Viser sammenhengen mellom r/D og w/D	38
Bilde 6 Viser ekstra masseuttak i skjæring fremfor stikkrenneinntaket.....	45
Bilde 7 Viser valgt løsning for stikkrenneinntak på strekningen.	45
Bilde 8 Viser ekstra terrenginngrepet fremfor stikkrenneinntaket, under utarbeidelse.	45
Figur 12 Modell av inntaksløsningen forfra.....	52
Figur 13 Modell av inntaksløsningen bakfra	52
Figur 14 Inntaksløsningen sett i perspektiv med pålagt fiktivt terreng.....	53
Figur 15 Inntaksløsningen sett fra siden i et fiktivt terrenggrunnlag	53
Figur 16 Inntaksløsningen oven ifra med pålagt fiktivt terreng.....	53
Bilde 9 Inntaksløsningen sett fra siden	60
Bilde 10 Inntaksløsningen sett fra siden	60
Bilde 11 Inntaksløsningens armering.....	60
Bilde 12 Inntaksløsningen sett oven ifra, mot bakvegg.	60
Bilde 13 Inntaksløsningen sett fra toppen og ned i frontveggen.....	61
Bilde 14 Inntaksløsningen ferdig støpt og forskalingen er revet.	61
Bilde 15 Inntaksløsningens utsparing	61
Bilde 16 Inntaksløsningen sett oven fra.....	62
Bilde 17 Prototypen utsatt i terreng.....	63

Figur 25 Volumforskjellen mellom benyttet løsning og ny type.	65
Figur 26 Løsning med mur for en helhetlig skjæring.....	66
Figur 27 Ny inntaksløsning for stikkrenner, uten behov for tiltak.....	67
Bilde 18 Inntak for overvann på Mallorca i Spania	75

Formel liste

Formel 1 Froudes tall	33
Formel 2 Reynolds tall	34
Formel 3 Darcy-Weisbach formel.....	34
Formel 4 Friksjonskoeffisienten i rør.....	35
Formel 5 Vannføring i rør	35
Formel 6 Skjærspenning i rør.....	36
Formel 7 Hydraulisk radius.....	36
Formel 8 Kapasitetsberegning i delfylte rør.....	36
Formel 9 Skjærspenning i delfylt rør	36
Formel 10 Formel for hydraulisk kort stikkrenne	37
Formel 11 Formel for gjennomsnittshastigheten til vannstrømmen	38
Formel 12 Dimensjonerende laster jord	43
Formel 13 Dimensjonerende laster trafikk.....	43

Begrepsliste

Oppstrøms	Vannstrømmen før den når konstruksjonen
Nedstrøms	Vannstrømmen etter den har forlatt stikkrennen
ÅDT	ÅrsDøgnTrafikk, er summen av antall kjøretøy som passerer et punkt på en vegstrekning (for begge retninger sammenlagt) gjennom året, dividert på årets dager, altså et gjennomsnittstall for trafikkmengde.
SVV	Statens Vegvesen
NIFS	Naturfare – Infrastruktur – Flom - Skred. Prosjektet er et felles satsningsområde mellom Jernbaneverket, Norges vassdrags- og energidirektorat og Statens vegvesen.
Vegkroppen	Vegens overbygning

1 Innledning

Å bygge veier i Norge byr på utallige utfordringer. Dette både med tanke på terreng- og grunnforhold, natur- og miljø samt sterkt varierte årstider. I tillegg stilles det en lang rekke krav til prosjektering, gjennomføring, og utførelse. Naturlig nok for å sikre gjenkjennbar utforming og riktig kvalitet på sluttprodukt.

De siste årene har også hyppigheten av flom økt drastisk. Med årlige hendelser i Sør-Norge siden 2010 – av ulikt omfang – har det vist seg at vi er mer og mer sårbare. Både på grunn av klimaendringer, men også på grunn av menneskelig aktivitet, hvor for dårlig planlegging av endret landskap og drift- og vedlikehold av de endrede dremsområdene, har ført til store skader. Mange mener klimaendringene allerede har begynt å få innvirkning på nedbørsituasjonen – med flere intense episoder og høyere intensitet på episodene med kort tidsoppløsning må det også forventes flere slike hendelser i fremtiden.



Bilde 1 Viser hvilke skader vann på avvei kan gjøre! (Foto: Asbjørn Stensrud)

Veier, jernbane og bebyggelse i Gudbrandsdalen var hardt rammet både under flommen i 2011 og 2013. I en foreløpig befarringsrapport etter flomskadene i Gudbrandsdalen i mai 2013 av hydrolog Steinar Myrabø, beskriver han omfanget av skadene samt hvorfor skadene har oppstått. Vi har fått innsyn i rapporten, og tillatelse til å referere. Han skriver blant annet; «Skadene var enorme, både på bebyggelse, vei og jernbane» og legger til; «Nesten alt jeg så skyldtes vann på avveie på grunn av bl.a. for dårlig dimensjonering og/eller vedlikehold, samt så å si ingen kontroll på håndtering av sedimenttransport og “vegetasjon” som tettet igjen dreinsveiene». (Myrabø 2013, s. 1)



Bilde 2 Viser bilde skader på fv. 255 Skåbuvegen (foto: Asbjørn Stensrud)



Bilde 3 Viser skader på ny veg etter flommen som følger av tette stikkrenner (foto: Steinar Myrabø)

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Fylkesveg 255 Skåbuvegen i Gudbrandsdalen var blant vegene som ble hardt rammet av flom hendelsene i 2013. Det har også i lengere tid vært planlagt utbedring av denne vegen, da den er i generell dårlig forfatning med parsellen Graupe-Ångstad som hovedprioritet. Strekningen går i sterkt sidebratt terreng, og er på totalt 4700 meter, fordelt på 5 delstrekninger i reguleringsplanen. Reguleringsplanen var ute på høring høsten 2013, og forventes å bli vedtatt våren/sommeren 2014. Byggeplanleggingen starter umiddelbart etter dette. Grunnet de store skadene som følge av flommen våren 2013, ble hele delstrekning 5 Massing-Ångstad på rekordtid bygget fullstendig opp igjen, i henhold til reguleringsplanens beskrivelser sommeren 2013. Årsaken til ødeleggelsene på denne vegen var – i likhet med ødeleggelsene ellers i Gudbrandsdalen – at dreneringssystemene ikke håndterte vannmengdene, og store vannmengder kom på avveie.

Reguleringsplanen for strekningen foreslår et tverrprofil som tilsvarer H₀1 veg etter håndbok 017. Reguleringsplanen sier også at tverrprofilet vurderes innsnevret på korte deler av strekningen, hvor bratte jordskjæringer skaper problemer for egnet løsning for rassikring, og/eller håndtering av overvann. Grøfteprofilet langs vegen er grunn sidegrøft med lukket drenering. Indre grøfteskråning har et helningsforhold på 1:2 og en flat grøft på 0,5 meter. For og i det hele tatt nå igjen det sidebratte terrenget med skjæringene er jordmasseskjæringene gitt et helningsforhold på 1:1,25. (Statens vegvesen 2013)

1.2 Prosjekt- og problembeskrivelse med problemstilling

Problemområdet vi har fått i oppdrag å se på er en løsning for inntak til stikkrenner i sidebratt terreng, som kan håndtere store vannmengder også når den fører med seg sedimenter og vegetasjon. Med grunn sidegrøft og lite areal til rådighet stiller det store krav til inntaket for å få utnyttet kapasiteten til stikkrennen. En var da igjen inne på et av problemområdene som skapte de enorme ødeleggelsene under flommene; stikkrenne som vanngjennomløp i vegkroppen. Ville stikkrennene og inntakene kunne håndtere vannstrømmen, samt «rusk og rask» denne førte med seg ved en eventuell ny flom?

I parsellen som ble gjennomført i 2013 ble det valgt å benytte vingemurer/bekkeinntak som inntak til stikkrennene (se bilde 7 fra befaringen i metodekapittelet), i tillegg lukket drenggrøft mellom stikkrennene. Bekkeinntak er ikke en optimal løsning hvor vannstrømmen kommer inn fra grøften, da denne er bygget for å håndtere vann som kommer rett på. Men uti fra prosjektgruppens vurdering i planarbeidet var det den beste løsningen som var på markedet.

I samarbeid med Statens vegvesen Vegavdeling Oppland stilte vi oss derfor noen spørsmål rundt om vi kunne utvikle en ny inntaksløsning, som kunne bli en mer optimalisert løsning for parsellen Graupe-Ångstad og liknende problemområder.

- Hvordan kan vi planlegge, prosjektere og bygge en inntaksløsning som sikrer utnyttelse av stikkrennens kapasitet, samt er selvrensende?
- Hvordan utforme den for å best mulig kunne håndtere ekstreme vannføringer og flom, uten stadig vedlikehold?

- Hvordan utforme inntaksløsningen uten at det går på bekostning av vegbredde og inngrep i skjæringen?
- Hva er forbedringspotensialet i forhold til rasjonell og økonomisk fremdrift i arbeidsprosessen?
- Hvor stort er markedsbehovet, og hvordan går man frem med produktutviklingen?

For å kunne besvare problemstillingen vil målinger utføres helhetlig gjennom hele prosessen.

1.3 Avgrensninger og forutsetninger

Grunnet oppgavens omfang har vi i denne rapporten kun beregnet inntakskonstruksjonens kapasitet ved bruk av Ø600mm stikkrenne, selv om inntaksløsningen er tiltenkt bruk opp til Ø1000mm. Dette pga. av at den aktuelle Ø600mm stikkrennen på utplasseringsstedet skal beholdes, og blir grunnlagsgivende for våre resultater.

Konstruksjoner av denne typen blir utplassert med gravemaskin eller liknende anleggsmaskin. Det må derfor tas forbehold om at entreprenør har kapasitet til å utføre arbeid med utsetting av konstruksjonen innenfor innleveringsfrist, samt at værforholdene ligger til rette for utførelse.

I produktutviklingsprosessen ser vi på oppgaven som en reell utviklingsprosess i en organisasjon.

Det gjøres en forutsetning mot innhenting av resultat fra målinger om inntaksløsningens funksjonelle drift etter utplassering i terrenget. Grunnet årstiden prosjektet går over, er det vanskelig å planlegge utplasseringsdato for prototypen, samt hva slags vannføring vi kan forvente oss etter utplassering. Dermed knytter det seg en viss risiko for om vi får tilfredsstillende målinger på kapasitet, samt drift og vedlikehold innen prosjektets slutt.

1.4 Økonomiske forhold

Økonomisk er oppgaven kostbar. En utvikling av prototypen anslår vi å ha en kostnadsramme på 40.000 kroner. For å sette oss godt inn i problemstillingen trenger vi ekskursjoner til problemområder, både ferdig utbygde prosjekter, og prosjekter under utbygging.

Vår oppdragsgiver Statens vegvesen Vegavdeling Oppland har sagt seg villige til å dekke kostnadene med utvikling av prototypen.

1.5 Miljøendringer

Ved oppnåelse av våre målsettinger, vil resultatene gi positive miljøvirkninger. Om denne løsningen kan være med på å hindre at vann tar på avveie vil vi spare samfunnet for gjenoppbyggelse av enorme ødeleggelser på veg- og jernbanekonstruksjoner med omkringliggende terreng samt nærliggende bebyggelse. Oppnår vi målet om lavere drift- og vedlikeholdsbehov vil det også gi positiv innvirkning på CO₂ utslipp fra anleggsmaskiner.

1.6 Kontrakter og avtaler

Kontrakter er inngått mellom studenter og alle samarbeidsparter. Kontraktene er utfylt av studentene og signert av de involverte parter. Hver av de involverte partene beholder hvert sitt eksemplar. HiG sin standardiserte kontrakt er benyttet mellom utdanningsinstitusjon, studenter og oppdragsgiver. Før utlevering av sensitiv informasjon er fortrolighetsavtale signert mellom studenter og informasjonsmottaker.

1.7 Ingeniørfaglig grunnlag

I denne oppgaven er det ingeniørfaglige grunnlaget betydelig, i hovedsak gjennom konstruksjon og anleggsforståelse. Mens produktutvikling og økonomi også er viet sin plass. Geoteknikk, vegplanlegging, og betongkonstruksjon er kunnskap vi har opparbeidet oss gjennom ingeniørstudiet, mens hydrologi ble et nytt fagfelt vi måtte tilegne oss. 3D-modellering i AutoCAD ble også ny lærdom i prosjektet.

1.8 Kvalitetssikring

For å sikre god kvalitet på arbeidet vi utfører, har vi satt opp noen kontrollpunkter:

- God kildekontroll
- Sidemannskontroll
- Rådføring med fagpersonell og veileder
- Strukturert jobbing gjennom hele prosjektet

1.9 Risikoevaluering

For å være best mulig forberedt på oppgavens utfordringer og risikofaktorenes innvirkninger på resultatet har vi gjennomført en risikoevaluering:

Tabell 1 Risikoevaluering med korrigerende tiltak

Kartlegging av farer			1	2	3	4	5	6
			Utplassering av prototype innenfor oppgavens tidsperspektiv	Feilprosjektering	Feilkonstruering	Arbeidshull ved prototypebygging	Datakrasj	Resultatmåling av prototype innenfor oppgavens tidsperspektiv
A	Planleggingsfasen						A5	
B	Prosjekteringsfasen			B2			B5	
C	Bygge- og utsettelsesfasen	C1			C3	C4	C5	C6
D	Avsluttende rapportfase						D5	

FK	Aktivitet	Uønsket hendelse	Vilke forhold / forutsetninger er lagt til grunn for valg av K og S	Konsekvens					Sannsynlighet					Risiko
				K1	K2	K3	K4	K5	S1	S2	S3	S4	S5	
A5	Planleggingsfasen	Datakrasj	Mengde utarbeidet data er liten.	1					1					1
B2	Prosjekteringsfasen	Feilprosjektering	Prosjekteringen er utfordrende		3					2				20
B5	Prosjekteringsfasen	Datakrasj	Mengde utarbeidet data er medium.		2				1					5
C1	Bygge- og utsettelsesfasen	Utplassering av prototype innenfor oppgavens tidsperspektiv	Entreprenørens kapasitet til å gjennomføre arbeidsoperasjonen innenfor vårløp			4				2				50
C3	Bygge- og utsettelsesfasen	Feilkonstruering	Byggeteknisk feil – må gjøre om igjen			4			1					25
C4	Bygge- og utsettelsesfasen	Arbeidshull ved prototypebygging	Arbeidshull på menneske eller maskin hvor skade oppstår		2					2				10
C5	Bygge- og utsettelsesfasen	Datakrasj	Mengde utarbeidet data er stor, men behovet for bruk av PC mindre			3			1					10
C6	Bygge- og utsettelsesfasen	Resultatmåling av prototype innenfor oppgavens tidsperspektiv	Nedbør kan utebli. Snøsmelting og nedbør kan gå gradvis og minimere flom.				4				3			75
D5	Avsluttende rapportfase	Datakrasj	Mengde utarbeidet data er svært stor.				4		1					25

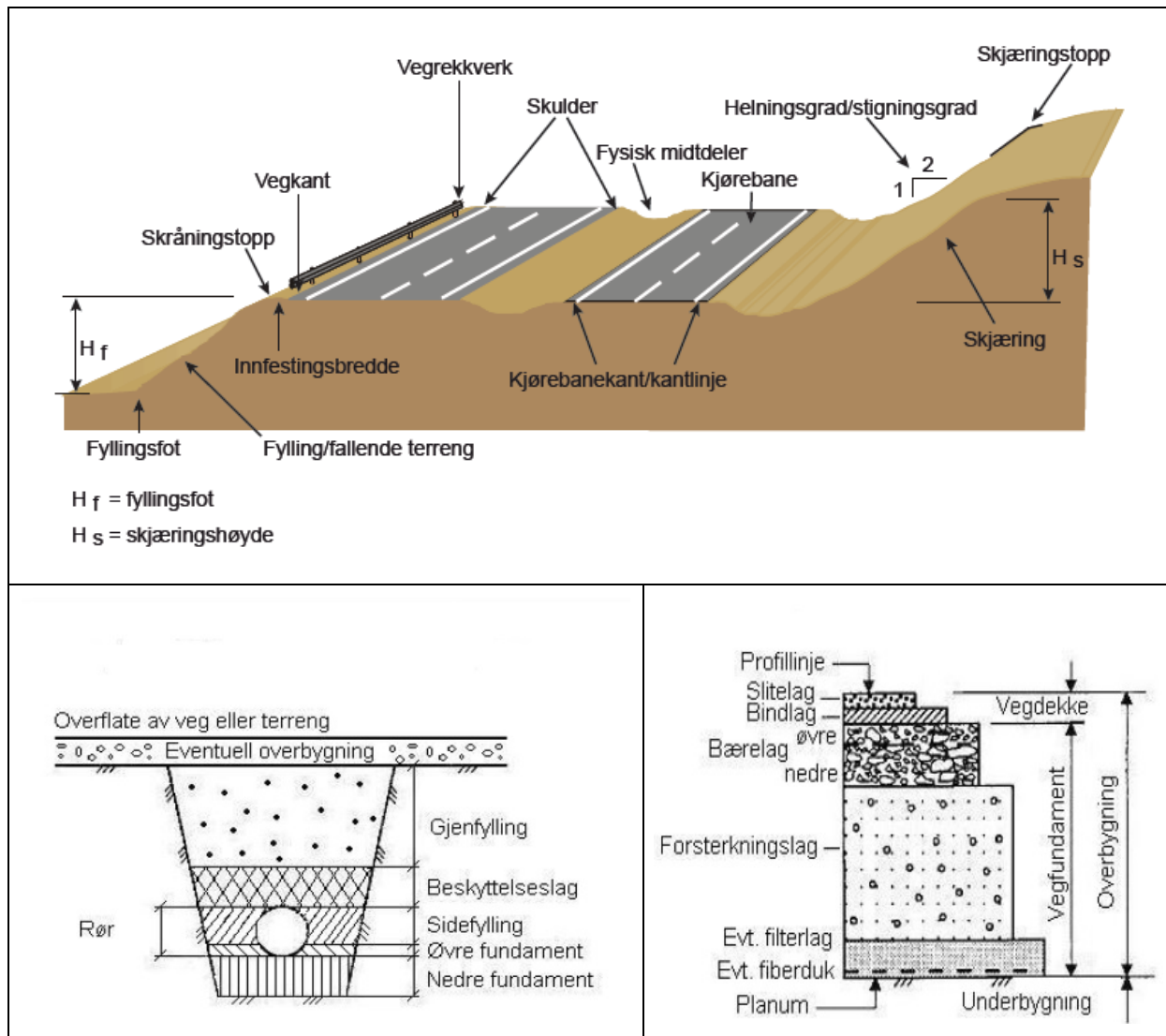
PRIORITETSLISTE	ARSAK/FORUTSETNINGER	R=KxS	RISIKOREDUSERENDE TILTAK
C6 Bygge- og utsettelsesfasen Resultatmåling av prototype innenfor oppgavens tidsperspektiv	Nedbør kan utebli. Snøsmelting og nedbør kan gå gradvis og minimere flom.	75	Arbeidet med innhenting av data vil pågå ut over innleveringsfrist
C1 Bygge- og utsettelsesfasen Utplassering av prototype innenfor oppgavens tidsperspektiv	Entreprenørens kapasitet til å gjennomføre arbeidsoperasjonen innenfor vårløp	50	God planlegging må gjennomføres. Koordinering med entreprenør må skje i god tid før utsettelsesdato
D5 Avsluttende rapportfase Datakrasj	Mengde utarbeidet data er svært stor.	25	Nettsky som lagringsplass for dokumenter blir benyttet. Sikkerhetskopi av dokumenter skal gjøres hver dag.
C3 Bygge- og utsettelsesfasen Feilkonstruering	Byggeteknisk feil – må gjøre om igjen	25	Gode tegninger må utarbeides. Grundig planlegging av byggingen må utføres. Mål på tegning mot forskaling må kvalitetesikres
B2 Prosjekteringsfasen Feilprosjektering	Prosjekteringen er utfordrende	20	God kildekontroll må gjennomføres. Kvalitetssikre resultat
C5 Bygge- og utsettelsesfasen Datakrasj	Mengde utarbeidet data er stor, men behovet for bruk av PC mindre	10	Nettsky som lagringsplass for dokumenter blir benyttet. Sikkerhetskopi av dokumenter skal gjøres en gang hver 14. dag.
C4 Bygge- og utsettelsesfasen Arbeidshull ved prototypebygging	Arbeidshull på menneske eller maskin hvor skade oppstår	10	Verneutstyr og kjente maskiner benyttes
B5 Prosjekteringsfasen Datakrasj	Mengde utarbeidet data er medium.	5	Nettsky som lagringsplass for dokumenter blir benyttet. Sikkerhetskopi av dokumenter skal gjøres en gang hver 14. dag.
A5 Planleggingsfasen Datakrasj	Mengde utarbeidet data er liten.	1	Nettsky som lagringsplass for dokumenter blir benyttet. Sikkerhetskopi av dokumenter skal gjøres en gang hver 14. dag.

Risikoen anslås å være innenfor et akseptabelt nivå. Gruppen anser utplassering og resultatmålinger fra prototypen som oppgavens største risiko grunnet prosjektperiodens korte tidsperspektiv. Samtidig skal vi også være løpende oppmerksomme på andre risikofaktorer.

2 Teori

2.1 Forklarende figurer for bedre forståelse av oppgaven

Figuren forklarer elementer i vegen- og vegens sideterreng.



Figur 1 Viser elementer som inngår i vegen og vegens sideterreng og oppbygning (håndbok 231 Rekkverk, Statens vegvesen 2013 og håndbok 018, Statens vegvesen 2011)

Oversikt over de dimensjonerende vegklassene benyttet i Norge.

De dimensjonerende vegklassene for norske veger er inndelt i hovedvegklassene H1-9, suppleringsklassen øvrige hovedveger H₀1-2, samlevegene Sa1-3 og adkostvegene A1-3.

Vegens vegklasse er angitt etter vegens ÅDT eller vegens fremtidige ÅDT. Se tabell neste side.

Tabell 2 Normalene for dimensjonerende vegklasser (Vegdirektoratet 2013a)

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H ₁	H ₂	Sa1	Sa2	Sa3	A1	A2	A3
Vegtype	H/H ₀	H	H	H/H ₀	H/H ₀	H/H ₀	H/H ₀	H/H ₀	H/H ₀	H ₀	H ₀	Sa	Sa	Sa	A	A	A
ÅDT	<12'	<4'	<4'	4'-6'	6'-12'	>12'	>12'	12'-20'	>20'	<1,5'	1,5'-4	<1,5'	>1,5'	<1,5'			
Fartsgrense [km/h]	60	80	90	80	90	60	80	100	100	80	80	50	50	60	30	50	50
Tverrprofil [m]	8,5	8,5	8,5	10	12,5	16	20	20	23	6,5	7,5	6	6,25*	6,5	5	7	4
Skulder [m]	1	1	1	1	1,5	0,75	1,5	1,5	3	0,5	0,75	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	
Kjørefelt 1 [m]	3,25	3,25	3,25	3,5	3,5	3,25/3,25	3,5/3,5	3,5/3,5	3,5/3,5	2,75	3	2,75	2,75	2,75	4	3	4
Indre skulder [m]					0,75	0,25	0,5	0,5	0,5								
Skille kjørereiningar [m]				1FM	1MR	1MK	2MR	2MR	2MR								
Indre skulder [m]					0,75	0,25	0,5	0,5	0,5								
Kjørefelt 2 [m]	3,25	3,25	3,25	3,5	3,5	3,25/3,25	3,5/3,5	3,5/3,5	3,5/3,5	2,75	3	2,75	2,75	2,75	3	3	3
Skulder [m]	1	1	1	1	1,5	0,75	1,5	1,5	3	0,5	0,75	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	
Alternativ utforming [m]	7,5/6,5											6*	6*	4	3,5		
Min. horisontalkurveradius [m]	125	250	450	300	450	175	300	700	700	200	200	55	55	200	30	60	60
Min. klotoide [m]	75	125	180	140	180	90	140	245	245	110	110	40	40	100	100	400	400
Stoppstid [m]	70	115	175	145	175	75	145	255	255	100	100	45	45	100	20	45	45
Δst₁ [m]	-4	-9	-18	-14	-18	-4	-14	-35	-30	-8	-8	-2	-2	-8			
Δst₂ [m]	5	12	27	20	27	6	20	55	44	11	11	2	2	11	50	100	100
Møtesikt [m]																	
Forbikringsikt [m]	450	550								450							
Min. vertikalkurveradius, høy [m]	1100	2800	6400	4400	6400	1200	4400	13600	13600	2100	2100	400	400	2100	300	400	1100
Min. vertikalkurveradius, lav [m]	1100	1900	2600	2100	2600	1100	2100	3400	3400	1600	1600	400	400	1000	150	400	400
Maks. overhøyde [%]	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5	8	8
Maks. stigning [%]	6	6	6	6	6	6	6	6	5	8	8	6	6	8	8	6	8
Maks. resulterende fall [%]	10	10	10	10	10	10	10	10	9,5	11,3	11,3	10	10	11,3	9,5	10	11,3
Min. resulterende fall [%]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kryssløsning	T,X,R	T,R	T,R	T,R,P	P ev.T,R	T,X,R,P	P	P	P	T,R	T,R	T,X	T,X,R	T			
Avstand mellom kryss	250	500	1000	1000	1000	300	1000	3000	3000	250							
Min. horisontalkurveradius [m]	225(T,X)	400(T)	700(T)	500(T)	700(T)	275(T,X)				350(T)	500(T)	100(T)	100(T)	350(T)			
Min. vertikalkurveradius, høy [m]	2900	7100	16400	10900	16400	2600				5500	5500	1100	1100	5500			
Avkjørster	B/AF	B	B	AF	AF	AF	AF	AF	AF	B	B	B	B	B	T	T	T
Min. vertikalkurveradius, høy [m]	1300	3500	8200							2700	2700						
Avstand mellom stopplommer [km]																	
Forbikjøring																	
Eget- eller motg. felt																	
Belysning	I/B	I	I	E/M	E	E	E	E	E	M	M						
Dimensjonerende kjøretøy	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	L	L	L	L	L	L
Dimensjonerende kjøremåte	A,B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	B	C	C

* I tillegg kommer fortausløsning

Tegntabell:

Vegtype:
 HL, H4-H9 = nasjonale hovedveger og øvrige hovedveger
 H2 - H3 = nasjonale hovedveger
 H₁ - H₂ = øvrige hovedveger
 Sa = Samlelager

Belysning:
 B = Kvar om belysning
 I = Ikke belysning

Avkjørster:
 B = Begrens
 AF = Avkjørselst
 T = Tillates

Forbikjøring:
 M = Motkjøring
 E = Eget felt

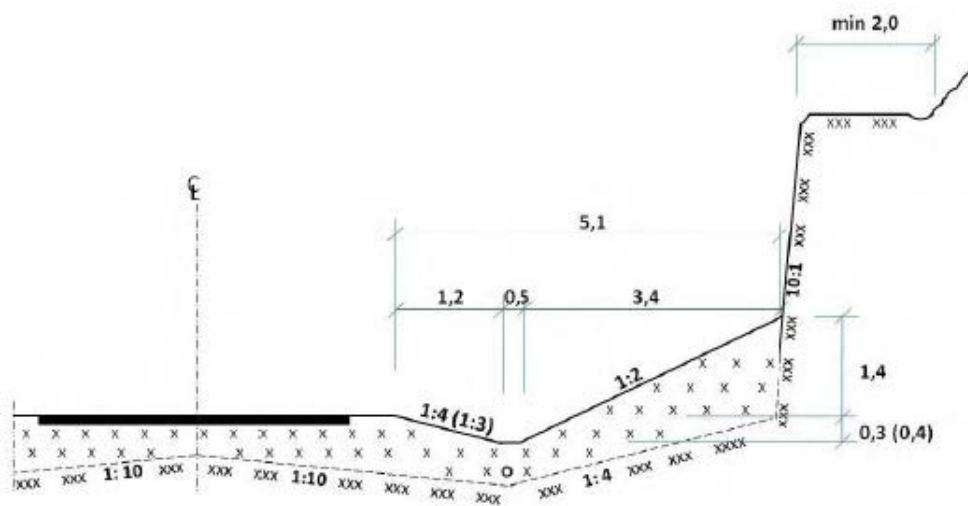
Kryssløsning:
 T = T-kryss
 X = X-kryss
 R = Rundkjøring
 P = Planskilt kryss

Skille mellom kjøretøy:
 FM = Forsterket midtoppmøting
 MR = Multisoler med meltekrykk
 MK = Multisoler med kantstein

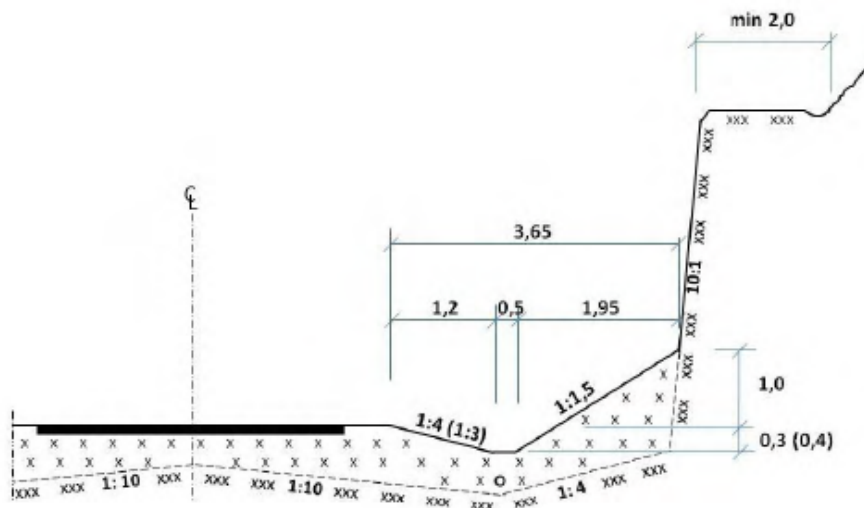
Dimensjonerende kjøretøy/kjøremåte:
 VT = Vognstog
 L = Lastebil
 A = Kjøremåte A
 B = Kjøremåte B
 C = Kjøremåte C

2.2 Bergskråninger og skjæringer

En bergskråning er en skråning som er dannet av geologiske prosesser opp igjennom årtusener. Ved fysiske inngrep som sprenging i en bergskråning dannes en skjæring. Før denne type inngrep påbegynnes bør forundersøkelser utføres, for å kartlegge og klassifisere bergets tilstand og utglidningsfare. Generelt bør ikke en bergskjæring ha en skjæringshelning sterkere enn 10:1 (Vegdirektoratet 2010a).



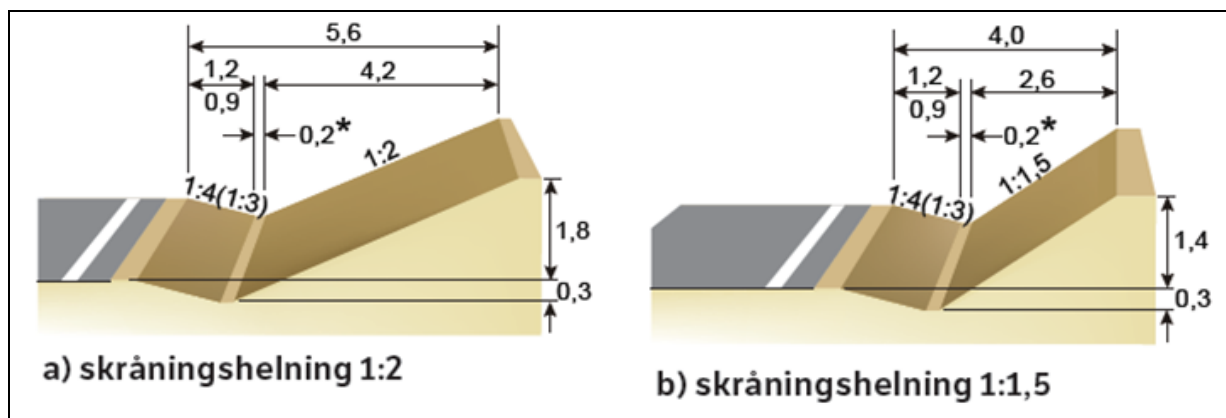
Figur 2 Normalprofil ved bergskjæring (Vegdirektoratet 2010a)



Figur 3 Normalprofil ved bergskjæring ved begrenset areal (Vegdirektoratet 2010a)

2.3 Jordskrånninger og skjæringer

Ved inngrep i bratte jordskrånninger vil forundersøkelser være svært viktig for sikkerheten og fremdriften i arbeidet. Man vil da ut i fra hvilke masser det er i grunnen, få svar på hvilken helningsprofil den kommende skjæringen kan tåle uten fare for utglidning. Dette spiller altså en stor rolle for prosjektets masseomfang og bør undersøkes tidlig i en planprosess. En jordskjæring bør ikke ha en skjæringshelning brattere enn 1:1,5 uten at spesielle tiltak benyttes. (Vegdirektoratet 2010a)



Figur 4 Skjæringsprofil til veg med grunn sidegrøft i jordskjæring (Vegdirektoratet 2013b)

2.4 Overflateerosjon

Skader som overflateerosjon og grunnvannserosjon som følge av store nedbørsmengder vil også kunne forekomme ved feil utførelse av jordskjæringer. Tiltak som kan forhindre disse typer skader bør vurderes ut ifra hver enkelt situasjon, men eksempler på løsninger er:

- Etablering av vegetasjon / grasdekke
- Drenering av vegskråninger
- Masseutskiftning / steinplastring
- Jordarmering

(Vegdirektoratet 2010a)



Bilde 4 Overflateerosjon i nybygd skjæring. (Foto: Rune Dahl)

Plastring med stein er en av de mest benyttede løsningene mot overflateerosjon. Plastring med grov, tung og slitesterk stein hindrer vannmassene i grave ned i bunnen av løpet vannstrømmen ferdes. Ved plastring avsettes mindre partikler i den grove steinen og hindrer vannstrømmen i føre disse videre nedover løpet. (Vegdirektoratet 2010a) (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

2.5 Grøfter og dreneringsprinsipper

Alt vann i form av nedbør og tilrenning mot vegens overflate og overbygging må ledes vekk. Dette for å unngå skader i dekke og konstruksjon. Skader forårsakes ved at vannet vasker med seg massene inne i vegkroppen og skaper deformasjoner. Samtidig er det svært viktig at vannet som avledes fra vegområdet, har en planlagt avledning som ikke skaper konflikt for underliggende konstruksjoner. Ifølge Myrabø sin befaringsrapport etter flomskadene i 2013, legger han tydelig vekt på viktigheten av koordineringen de forskjellige aktørene imellom. Dette kommer spesielt tydelig frem i områder med flere veger-, og eller jernbane nedenfor hverandre. I samme rapport blir det også påpekt at de store skadene på veg- og jernbane skyldtes for dårlig dimensjonering-, og eller for dårlig utført vedlikehold på dreneringen. (Vegdirektoratet 2010a) (Myrabø 2013)

2.5.1 Valg av dreneringsprinsipper

Valg av type dreneringssystem det skal benyttes på et vegprosjekt avhenger av flere faktorer, ifølge Håndbok 018 skal understående punkter vektlegges:

- Grunnforhold
- Nedbørsmengde, snø og snøsmelting
- Terrenghorhold, avrenning
- Vanntilsig og behov for frostsikker avrenning
- Trafikkmengde og sikkerhet
- Bebyggelse
- Kostnader, anlegg og vedlikehold
- Estetikk

(Vegdirektoratet 2010a)

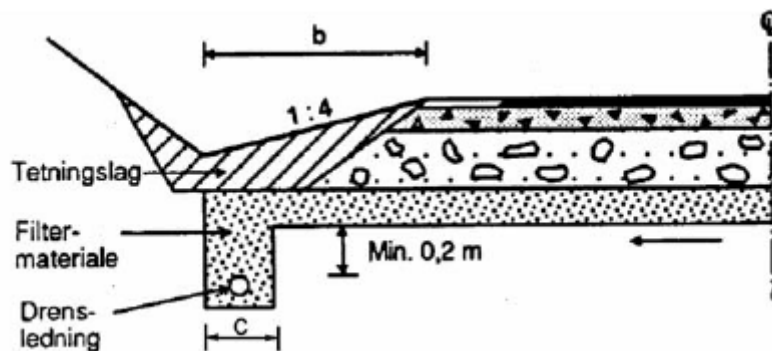
Som vist i tabell under, skiller det i hovedsak mellom to hovedprinsipper for utførelse av dreneringssystemer.

Tabell 3 Hovedprinsippene for utførelse av dreneringssystemer (Vegdirektoratet 2010a)

Dreneringssystem	Fordeler
Lukket system	<ul style="list-style-type: none"> - Redusert arealinngrep og mindre masseuttak - Bedre trafikksikkerhet (slake grøfteskråninger) - Ved lite lengdefall på vegen ($s < 5$ o/oo) unngås ekstra masseuttak til ondulering av grøft i åpent system - Redusert erosjon over lengre grøftestrekninger ved bruk av nedføringskummer - Driftssikkerhet ved små fall (ingen lokale vannlommer) - Gunstigere mht. estetikk og miljø - Bedre mht. innspenningsforhold (kantbæreevne)
Åpent system	<ul style="list-style-type: none"> - Ekstra sikt i kurver pga. større terrenginngrep - Mindre behov for tilførsel av byggematerialer, som rør og gjenfyllingsmasser - Lettere å fastslå behov for eventuelt vedlikehold - Normalt har åpent system bedre reservekapasitet og sikkerhet ved flom - Generelt lite vedlikehold ved stabile grøfteskråninger - Ofte lavere anleggskostnader - Bedre plass til snølagring

2.5.2 Lukket drenering

Der det ikke er mulig eller aktuelt å benytte seg av åpen drenering, er lukket drenering med grunn drensgrøft et godt alternativ. Systemet er da at man steinsetter eller legger drensledning nedi en smal grøft, som drenerer vannet vekk ifra vegkroppen. Grøfta blir så fylt igjen og komprimert med filtermateriale, og eventuelt fiberduk. Deretter blir et tetningslag benyttet for å danne en grunn grøft utenfor vegskulderen. (Vegdirektoratet 2010a)



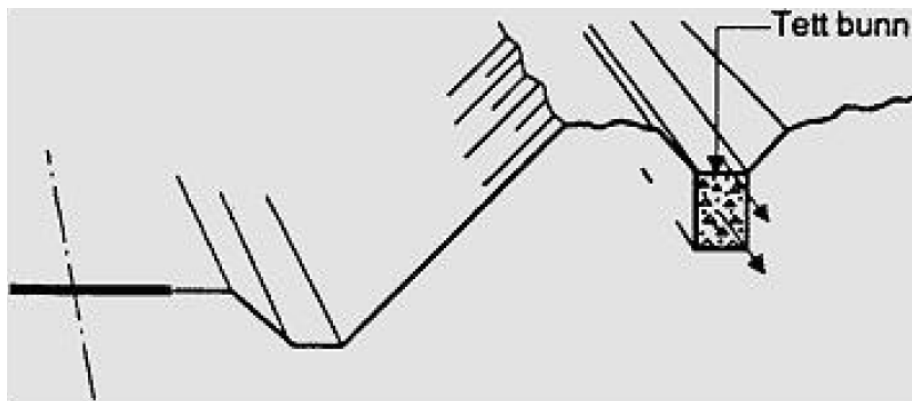
Figur 5 Viser grunn sidegrøft med lukket drenering (Vegdirektoratet 2010a)

2.5.3 Drenering av vegens sideområder

Behovet for drenering av vegens sideområder bør vurderes med hensyn til:

- Stabilitet av skråninger, erosjon og undervasking
- Iskjøving
- Eksisterende drensanlegg

(Vegdirektoratet 2010a)



Figur 6 Ilusterer dreneringsgrøft i terreng ved vegens sideområde (Vegdirektoratet 2010a)

I områder hvor terrengets naturlige drensveger avskjæres av en skjæring kan det være nødvendig og anlegge en langsgående drensgrøft langs skjæringstoppen med avrenningsveger ned til grøft eller annen drenering. En langsgående terrenggrøft med kontrollert nedføring i renner kan hindre vannmassene fra å gjøre erosjonsskader i den anlagte skjæringen. Nedføringsrennene bør utformes med grov steinplastring for å drepe energien i vannmassene. (Vegdirektoratet 2010a)



Bilde 5 Viser nedføringsrenner langs jordskjæring (Vegdirektoratet 2010a)

2.5.4 Stikkrenner

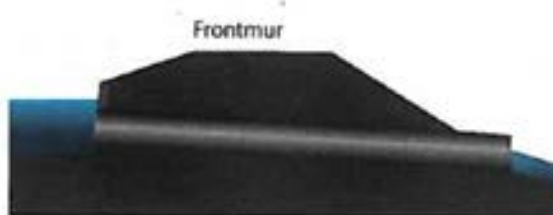
En stikkrenne benyttes til å transportere en vannstrøm kontrollert gjennom en vegfylling. Materialene som benyttes til stikkrenner er i hovedsak betong eller plast. Stikkrenner bør plasseres så vidt mulig slik at tidligere vannveger opprettholdes, og avstanden mellom rennene bør vanligvis ikke være større enn ca. 100 m. På vegstrekninger med stort lengdefall bør det benyttes renner med rikelig dimensjon og innløp som sikrer kapasiteten. (Vegdirektoratet 2010a)

2.6 Eksisterende innløpstyper

Inntak til stikkrenner har ikke endret seg vesentlig på de siste 50 årene. I hovedsak blir det benyttet 3+1 ulike typer standardiserte innløpsutforminger som eksisterer på markedet i dag. De 3 er som fremkommer av figurer under, samt at sandfang som beskrevet på neste side også benyttes i spesielle tilfeller.



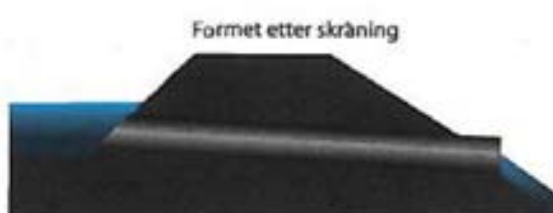
Frontmur, ca. vinkelrett på rørets lengdeakse. (utforming som frontmur eller vingemur gir ikke vesentlig kapasitetsøkning).



Utstikkende rørende.

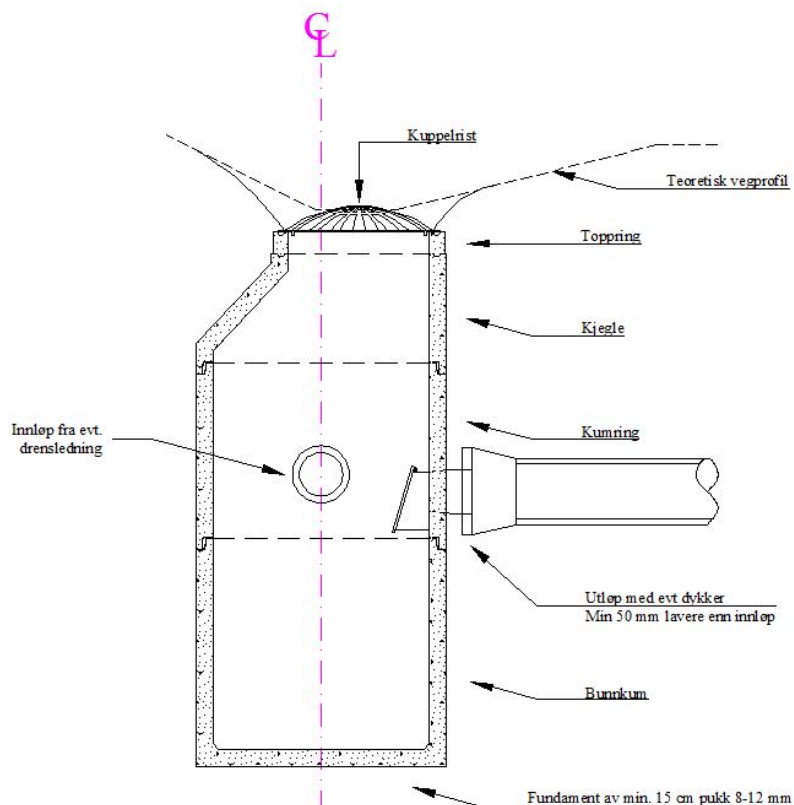


Innløpet formet etter helningen på grøfteskråningen.



Figur 7 Eksisterende innløpsutforminger (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

I tillegg til ovennevnte inntaksløsninger er sandfangskum (figur 8) ofte benyttet som inntak til stikkrenner på steder hvor stikkrenneinntaket ligger dypere enn bunn sidegrøft. Som støtte til skjæringen blir ofte forstøtningskjold benyttet ved bruk av sandfangskum. (Vegdirektoratet 2010a)



Figur 8 Skisse av sandfang med kuppelrist i grøft (Per Arne Kolseth, 2014)

Innløpsutformingen skal i størst mulig grad:

- sikre tilstrekkelig kapasitet
- hindre gjentetting (kvist, greiner, løv, stein o.l.)
- hindre erosjon og sikre at vannet ikke går inn i overbygning og trau
- sikre dyr og mennesker fra å komme ned i kummer og rør, men være slik at stikkrenner egner seg som passasje for mindre viltarter (opp til størrelse som grevling/rev)

Jf. møtereferat med interesseparter hvor hydrolog Steinar Myrabø bekreftet at det gjennom observasjoner og erfaringer har vist seg at maks utnyttelse av de nevnte inntaksløsninger er 60%. (Se vedlegg 1, Møtereferat interesseparter)

2.6.1 Spesialutformedede inntaksløsninger

Ved store og kompliserte stikkrenner hvor standardiserte inntaksutforminger ikke er egnet kan det være aktuelt med spesialutformede inntak. Spesialutformede inntak kan være kostbart og medfører som regel forlenget byggetid. Nyttens må derfor være ganske stor for at kostnadene skal kunne forsvares, som f.eks. ved svært store vannføringer. (Vegdirektoratet 2010a)

2.7 Prosjekteringskrav

Statens vegvesen stiller som byggherre på sine prosjekter strenge krav til konstruksjoner langs vegen, og konstruksjonens prosjektering, utførelse samt drift- og vedlikehold.

Dette innebærer at det skal prosjekteres for å fungere, og oppføre seg tilfredsstillende for det gitte formål, under normale omstendigheter, i angitt tid. Inntakskonstruksjonen skal prosjekteres med tanke på å fungere uten unødvendig store ressurser til vedlikehold, samt kunne stå imot / settes enkelt i stand igjen ved ekstreme vær- og føreforhold.

Når det kommer til utforming gjelder krav om at konstruksjonen skal være tilpasset miljø og landskap. Samtidig må oppbyggingen være logisk og konsekvent, slik at den kan bygges på en forsvarlig og sikker metode. I tillegg må den være konstruert på en slik måte at det ikke er noen vesentlig skadefare for at hverken harde- eller myke trafikanter ved en ulykke.

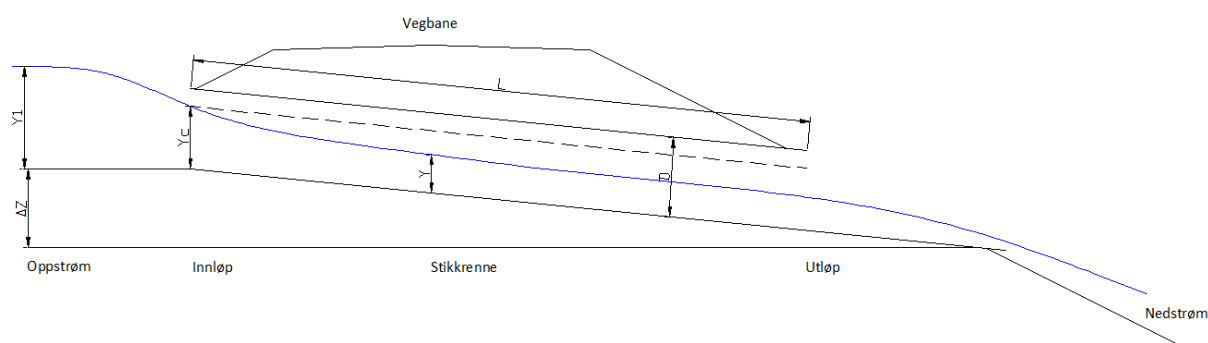
(Vegdirektoratet 2009)

2.8 Hydraulikk

Hensikten med en stikkrenne er at vannet skal kunne transporteres gjennom veier eller fyllinger uten det skjer oversvømmelser eller erosjon opp- eller nedstrøms stikkrenne. Ved dimensjonering skal det tas hensyn til at anlegning av en stikkrenne er et inngrep i naturen og et inngrep i vannets naturlige avrenningsveier. Hensyn som at utførelsen bør tilpasses terrenget på best mulig visuell måte er et viktig kriterie. (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

2.8.1 Vannstrømning

Vannet kan bevege seg på flere ulike måter fra grøft, gjennom inntaket, i stikkrennen og ut utløpet. Vannets bevegelse er avhengig av forhold oppstrøms og nedstrøms stikkrenne, samt forholdene inne i stikkrennen. (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)



Figur 9 Viser de viktigste størrelsene i en stikkrenne (Per Arne Kolseth, 2014 iht. (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010))

Hvor:

Y_1 er vannstand oppstrøm stikkrenne

ΔZ er fallhøyde gjennom stikkrennen

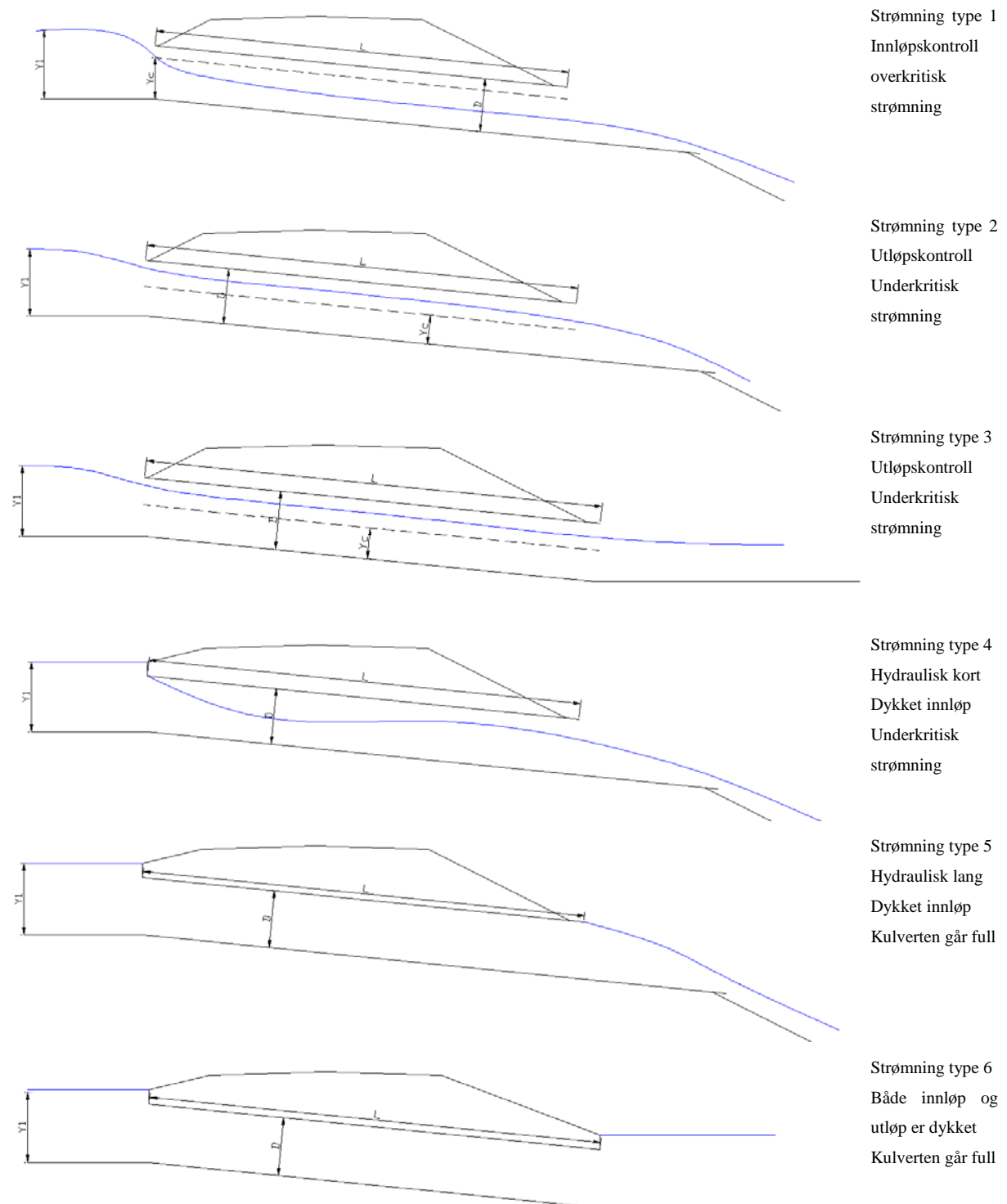
Y_c er kritisk strømnings punkt

Y er vanddybden

L er stikkrennens lengde

D er stikkrennens diameter

De 6 forskjellige strømningstypene gjennom stikkrennen, vises av figurer under:



Figur 10 Viser de ulike strømningstypene gjennom en stikkrenne (Per Arne Kolseth 2014, iht. (Høseth, Sæterbø, Fergus 2010))

2.8.2 Kapasitet

Kapasiteten til en stikkrenne er avhengig av om stikkrennen har innløpskontroll eller utløpskontroll. I hovedsak ved innløpskontroll har røret større kapasitet enn innløpet, mens ved utløpskontroll har innløpet større kapasitet enn røret. Kjennetegn for stikkrenner med innløpskontroll er kort lengde (< 30-40 meter) og stort fall (>8-10 %), mens stikkrenner med utløpskontroll er lange (> 40 meter) med relativt lite fall (< 8 ‰). (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010) (Vegdirektoratet 2010a)

2.8.3 Innløpskontroll

Dersom en stikkrennekonstruksjon tilfredsstiller krav til lengde og fall for innløpskontroll er det innløpet som er den begrensende faktoren i konstruksjonen, og strømmingen vil gå gjennom kritisk i innløpet. Det vil si at det er rørdiameteren, innløpets geometri og utforming, samt dybden på vannspeilet oppstrøms stikkrenne som i hovedsak bestemmer kapasiteten. I praksis vil dette si at stikkrennen aldri kan gå full så lenge vannet har fritt utløp nedstrøms stikkrenne. (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010) (Vegdirektoratet 2010a)

2.8.4 Utløpskontroll

Når lengden og helningen på stikkrennekonstruksjon tilsvarer utløpskontroll går strømmingen gjennom stikkrennen underkritisk, og kritisk strømmingspunkt vil være ved utløpet av stikkrennen. Ved utløpskontroll er det friksjonsforholdene innvendig i stikkrennen, stikkrennens diameter, helning, samt forholdene nedstrøms stikkrenne som bestemmer kapasiteten, og en bedring av stikkrennens innløp vil kun få en marginal betydning for kapasiteten. (Fergus 2010)

2.8.5 Over- og underkritisk strømming

Gjennom en stikkrenne kan en vannstrøm være over- eller underkritisk, eller begge deler. Om strømmingen er over- eller underkritisk avhenger av stikkrennens innløp og geometri, helningen, lengde og utløp.

Når en strømning er overkritisk renner vannstrømmen strykende som en foss, og hellingen på vannspeilet er større enn hellingen på bunn av stikkrennen, slik at vannet faller i strømningsretningen. Vandybden kan dermed avta nedover stikkrennen på grunn av den økende hastigheten til vannet.

Ved underkritisk strømning har vannstrømmen lav fart og strømmen renner rolig nedover stikkrennen. Hellingen på vannspeilet er her mindre enn hellingen på bunn stikkrenne slik at vannspeilet kan stige i strømningsretningen, og stikkrennen kan gå full.

Dersom vi har en situasjon der strømmingen går fra overkritisk til underkritisk eller omvendt, vil strømmingen gå gjennom kritisk akkurat i overgangen, og vi har det som kalles kritisk strømning. Kritisk strømning kan defineres enten ved kritisk hastighet eller kritisk dybde. (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

For å beskrive om strømmingen gjennom en stikkrenne er overkritisk eller underkritisk kan Froudes tall benyttes. Froudes tall er definert ved formelen:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

Formel 1 Froudes tall (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

Hvor:

v er vannhastigheten i m/s

g er gravitasjonskraften

y er dybden på vannstrømmen i m

Froudes tall er ubenevnt og resultatet beskrives:

Fr < 1 underkritisk strømning

Fr = 1 kritisk strømning

Fr > 1 overkritisk strømning

2.8.6 Turbulent eller laminær strømning

Reynolds tall benyttes til å beskrive om vannføringen er turbulent eller laminær. Ved turbulent strøm beveger vannpartiklene seg i uregelmessige baner, mens de ved laminær strømning beveger seg i parallelle sjikt. I praktisk hydraulikk er nesten all strømning turbulent. (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010) Om vannstrømmen er turbulent eller laminær uttrykkes ved formelen:

$$Re = V \times \frac{D}{\nu}$$

Formel 2 Reynolds tall (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

Hvor:

V = vannstrømmens hastighet i m/s

D = diameter på rør, evt. dybde på vannstrøm i m

ν = vannets viskositet i m^2/s (satt til $10^{-6} m^2/s$)

Når dybden på vannstrømmen brukes som D , er strømmen helt turbulent når $Re > 12\,500$.

2.8.7 Dimensjonering av stikkrenner

Som hovedregel ved dimensjonering skal vannspeilets dybde oppstrøm stikkrenne tilsvare diameteren på stikkrennerøret; $y_1/D = 1,0$. Dette for å sikre frispelstrømning i tilløpet til stikkrennen. Ved frispelstrømning er ikke innløpet dykket. (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

For rørdimensjonering av stikkrenner kan Darcy-Weisbach likning benyttes.

$$V = \sqrt{\frac{H_f \times 2g}{f \times \left(\frac{L}{D}\right)}}$$

Formel 3 Darcy-Weisbach formel (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

Hvor:

V = vannhastigheten i m/s

H_f = falltap i m

f = friksjonskoeffisienten som kan uttrykkes:

$$f = \frac{8g}{M^2 \times R^3}$$

Formel 4 Friksjonskoeffisienten i rør (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

L = ledningslengde i m

D = rørdiameter i m

V = vannhastigheten i m/s

g = gravitasjonskonstanten i m/s²

R = radiusen i m

M = mannings tall i m^{1/3}/s (ruheten på overflaten)

Tabell 4 friksjonsforhold i betongrør, bruksverdier (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

Betongflates tilstand	Mannings M (m ^{1/3} /s)	Ruhet k (mm)
Fabrikkproduserte rør (støpt stående)	70 – 80	1 – 2
Vanlig plasstøpt betong	65 – 75	1,5 – 3,5

Når Darcy-Weisbach sin formel er benyttet til å finne vannhastigheten er vannføringa gitt ved:

$$Q = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times V$$

Formel 5 Vannføring i rør (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

Hvor:

Q er vannføringen i m³/s eller i l/s ved å multiplisere svaret med 1000

V er vannhastigheten i m/s

D er diameteren på røret

2.8.8 Skjærspenning mellom vannføring og rør

Skjærspenningen er kraften mellom rør bunnen og vannstrømmen. Ved lav vannføring vil det alltid forekomme noe avleiring langs bunnen i røret. Disse avleiringene vil imidlertid bli vasket bort når vassføringa øker, og selvrens oppnås. (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

Skjærspenning (N/m^2) i en sirkulært fylt ledning er:

$$\tau_f = \gamma \times R \times I$$

Formel 6 Skjærspenning i rør (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

Hvor:

τ = skjærspenningen (N/m^2)

γ = vannets spesifikke vekt (satt til $10\,000 \text{ N/m}^3$)

R = hydraulisk radius (m) som er gitt av uttrykket:

$$R = \frac{A}{P}$$

Formel 7 Hydraulisk radius (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

I = fall på ledningen i m/m

P = rørets våte omkrets i m

A = tverrsnittets arealet i m

2.8.9 Kapasitetsberegning ved delfylte rør

For beregning av kapasitet for delfylte rør gjelder formelen:

$$\frac{Q}{Q_{fyllt}} = 0,46 - 0,5 \times \cos\left(\pi \times \frac{h}{D}\right) + 0,04 \times \cos\left(2 \times \pi \times \frac{h}{D}\right)$$

Formel 8 Kapasitetsberegning i delfylte rør (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

Hvor:

h = vannivå i røret i m

D = rørets innvendige diameter i m

Q = Dimensjonerende vannføring for selvens

Q_{fyllt} = vannføring ved fylt ledning

For skjærspenning delfylte rør gjelder formelen:

$$\tau_{maks} = \tau_f \times \frac{4 \times h}{D} \times \left(1 - \frac{h}{D}\right)$$

Formel 9 Skjærspenning i delfylt rør (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

2.8.10 Stikkrenne med reservekapasitet i inntaket

Når en stikkrenne har innløpskontroll kan en forbedring av innløpet ha betydelig påvirkning for kapasiteten. Ved å dykke innløpet – $y_1/D > 1,0$ – eller tillate dybden på vannspeilet oppstrøm stikkrenne til å gå over topp stikkrenne, uten at det går på bekostning av erosjon i vegggrøften og overbygningen, vil vi oppnå en reservekapasitet som er gunstig med tanke på den totale kapasiteten til stikkrennen. (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010) Ved innløpskontroll og reservekapasitet blir kulverten angitt som en hydraulisk kort kulvert, og vannføring er gitt ved formelen:

$$Q = C_D \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \sqrt{2gy_1}$$

Formel 10 Formel for hydraulisk kort stikkrenne (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

Hvor:

C_D er vannføringskoeffisienten

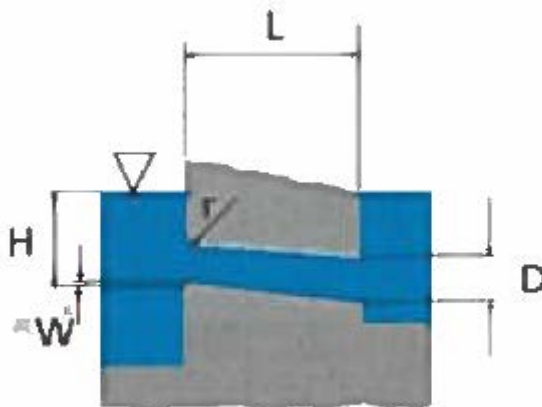
D er diameteren på røret i m

g er gravitasjonskraften i m/s^2

y_1 er dybde på vannspeilet oppstrøms kulvert i m

Tabell 5 Vannføringskoeffisienten C_D for sirkulær kulvert med dykket innløp og loddrett frontmur. r/D eller w/D angir hvor konisk utformingen på innløpet er (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

y_1/D	r/D eller w/D						
	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,14
1,4	0,44	0,46	0,49	0,50	0,50	0,51	0,51
1,5	0,46	0,49	0,52	0,53	0,53	0,54	0,54
1,6	0,47	0,51	0,54	0,55	0,55	0,56	0,56
1,7	0,48	0,52	0,55	0,57	0,57	0,57	0,57
1,8	0,49	0,54	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58
1,9	0,50	0,55	0,58	0,59	0,60	0,60	0,60
2,0	0,51	0,56	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62
2,5	0,54	0,59	0,62	0,64	0,64	0,65	0,66
3,0	0,55	0,61	0,64	0,66	0,67	0,69	0,70
3,5	0,57	0,62	0,65	0,67	0,69	0,70	0,71
4,0	0,58	0,63	0,66	0,68	0,70	0,71	0,72
5,0	0,59	0,64	0,67	0,69	0,71	0,728	0,73



Figur 11 Viser sammenhengen mellom r/D og w/D (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

Vannhastigheten er gitt ved:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Formel 11 Formel for gjennomsnittshastigheten til vannstrømmen (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

Hvor:

V = vannhastigheten i m/s

Q = vannføringen i m^3/s

A = arealet av vannstrømmen i m^2

2.8.11 Erosjonssikring ved utløp

Erosjon kan påføre betydelig skade nedstrøm stikkrenne dersom det ikke utføres sikringstiltak. I verste fall kan det oppstå større skred som kan påføre skader på bebyggelse, landbruk, infrastruktur eller andre verdier som befinner seg i nærheten. Planlegging av sikringstiltak baseres på kunnskap om tidligere hendelser ved ulik vannføring. De mest vanlige sikringstiltakene ved de ulike vann hastighetene fremkommer av tabellen under:

Tabell 6 Angir erosjonstiltak ved utløp av stikkrenne (Vassdragshåndboka, NVE 2010)

Kulvert diameter mm	Typisk hastighet m/s	Tiltak v/utløp
< 600	2-3	Plastring eller betongkum
600-1000	3-4	Tyngre steinplastring
> 1000	> 4	Spesielle energidreper

Som tabellen viser er det plastring med steinmasser som er den mest benyttede metoden for erosjonssikring nedstrøm stikkrenner. Ved å benytte plastring drepes vannstrømmens energi i de store steinene og vannstrømmen hindres mot å vaske ut de finere massene i grunnen.

2.9 Inntaksristens funksjon

Som følge av sikkerheten skal inntaksåpningen sikres med inntaksrist, blant annet for å hindre dyr fra å falle ned i inntaket. Inntaksristens spiler bør stå på tvers av grøftens lengdefall for å hindre syklist eller motorsyklar med smale dekk å sette seg fast. Inntaksrista bør ha en grov utforming slik at den slipper gjennom løv og mindre gjenstander. Spileavstanden skal derimot ikke være så stor at kvister, trær, røtter o.l. kan føres inn i stikkrennen for så å sette seg fast, men heller føres over risten og legges igjen på nedsiden av inntaket. Risten skal utformes slik at den ved store nedbørsmengder om nødvendig kan fjernes. Ved bruk av inntaksrist til stikkrenner bør alternativ flomveg ved gjentetting kartlegges. (Hoseth, Sæterbø, Fergus 2010)

2.10 Drift og vedlikehold

Rapporten «*Pilotprosjekt på stikkrenner E136 Dombås-Ålesund*» fra Statens vegvesen oppsummerte med at stikkrenner i hellende terreng trenger mer tilsyn og vedlikehold enn stikkrenner på flatere områder. utfordringer rundt overflate erosjon førte ofte til igjen tetting av inntaket og dermed redusert kapasitet på rennen. Ved å benytte inntaksrister som er enkle å montere av og på kan forberedende arbeider ved varslede store nedbørsmengder enkelt utføres hurtig. Skilting og evt. sikring for å hindre kjøretøy og kjøre ned i kummen bør da utføres. (Flesjø 2010)

Statens vegvesens har følgende definisjon på drift og vedlikehold av vanngjennomløp i norske veger.

«Vanngjennomløp omfatter rom eller tverrsnitt hvor vannet beveger seg under eller gjennom en konstruksjon (bru, kulvert, mm). Vann skal kunne strømme fritt i vanngjennomløpet uten å påføre skade på konstruksjonen og omgivelsene. Vanngjennomløpet skal sikre at fiskevandring kan foregå. Gjennomstrømming av vann skal ikke hindres av vegetasjon eller av oppstiving av grener, kvister, trestammer, jord- og steinmasser eller andre gjenstander, heller ikke i en flomsituasjon.»
(Vegdirektoratet 2012b, s. 42)

2.11 Trafikksikkerhet

I henhold til Statens vegvesen håndbok 231 skal betongfundamenter, kumringer, jordfaste steiner, trestubber og liknende som stikker mer enn 15 cm over terreng sikres med rekkverk eller annen sikring. Det skal også vurderes rekkverk eller støtpute hvor utløp av kulverter, drenerør, m.m. i vegskråninger er innenfor sikkerhetssonen. Sikkerhetsavstanden er angitt som avstand i meter fra vegbanekant og ut i sideterreng. Sikkerhetsavstanden varierer i forhold til ÅDT og fartsgrense. (Vegdirektoratet 2013b)

2.12 Betong

En viktig forutsetning for alle konstruksjoner er at det beholder sin styrke og utseende over hele levetiden, uten vesentlig store vedlikeholdsutgifter. Betong med sine egenskaper har gode forutsetninger for å tilfredsstille disse krav, og har også blitt sett på som et tilnærmet evigvarende og vedlikeholdsfritt bygningsmateriale. (Gjerp, Opsahl, Smeplass 2004)

Betongkonstruksjoner skal prosjekteres etter nasjonale standarder, forskrifter og regelverk.

Ved prosjekter bør følgende punkter hensyn tas i størst mulig grad:

- Sørge for god avrenning/drenering.
- Velge tverrsnittutforming og armeringsføring/tetthet som tillater god komprimering av betongen.
- Unngå kompliserte utforminger, med sårbare hjørner, vinkler osv.
- Tilrettelegge for enkel vedlikeholds oppfølging, samt gjøre det mulig med utskifting av sterkt utsatte detaljer.

(Vegdirektoratet 2009)

Formler benyttet ved betongdimensjonering av inntaksløsningen er listet opp på linje med beregningene i excelarkene som finnes som vedlegg, det er også henvist til kilder for de benyttede verdier.

Prosess 84 med underprosesser i Håndbok 026 gir klar veiledning på hvordan man skal forholde seg til valg av betong for bruk i Statens vegvesen sine prosjekter.

«Betongen skal være i samsvar med NS-EN 206-1 og spesifikasjonene i det etterfølgende. Betong SV-40 og SV-30 skal være i samsvar med bestandighetsklasse

MF40, unntaksvis M40. Betong etter disse spesifikasjonene er "egenskapsdefinert betong" i henhold til NS-EN 206-1. Endring av spesifikasjonene etter metoden "Ekvivalente betongegenskaper" fra entreprenørens eller betongleverandørens side tillates ikke.» (Vegdirektoratet 2012a, s. 62)

2.13 Produktutvikling

Produktutvikling er prosessen fra ide til at nye produkter og tjenester utvikles, og klargjøres for markedet. Man kan dele produktutviklingen i to faser. Den ene tar for seg ideskaping, produktdesign og detaljkonstruksjoner, mens den andre tar for seg markedsundersøkelser og markedsanalyse.

Produktutvikling ansees som en kontinuerlig prosess, hvor hele organisasjonen ser etter forbedringer, for stadig å kunne videreutvikle seg. Med å få alle i organisasjonen med på denne tankegangen, vil målene om å øke konkurransefortrinnene, omsetningen og lønnsomheten være enklere å oppnå. Produktutvikling er en viktig aktivitet som må være godt implementert i, og støtte opp under bedriftens strategi. (Tore Walter Ruud 2002) (Innovasjon Norge 2014)

For å jobbe strukturert under en produktutviklingsprosess, vil det være nødvendig å ha visse punkter å følge. Under er et sammendrag av hva man bør gå igjennom ved en slik prosess. Det er viktig å være klar over at mye blir utført i samme operasjon.

1. **Ideskaping** skal være en systematisk kreativ prosess, hvor ideer for nye produkter eller tjenester skal oppdages. Ideer kan komme fra løse lufta, tips eller ideer observert eller oppdaget av deg selv, kunder eller andre parter. I denne fasen er alle ideer gode!
2. **Idevurdering** er prosessen hvor man skal ta på seg den kritiske hatten. Man må stille seg spørsmål om det virkelig er «liv laga» for produktet. Dette bør inneholde kritiske vurderinger sett både fra forbrukerens-, produsentens-, og fra miljømessig perspektiv.
3. **Utvikling og testing av produktet** vil være første prosess som virkelig vil gi deg en indikasjon på om ideen er så god som du mente. Her må man starte den praktiske biten av produktutviklingen. Dette innebærer å se hvordan det kan produseres, hva det

koster å produsere, hvordan brukeropplevelsen blir, hvor stort er konkurransefortrinnet, osv.

4. **Forretningsanalyse** skal gi svar på om det vil gi god nok lønnsomhet å sette produktet i produksjon. Dette i form av markedsundersøkelser på forventet salgspris, og salgsmengde.
5. **Prototype og markedstesting** vil være første konkrete svar på hvordan produktet fungerer og blir mottatt ute blant forbrukerne. Dette kan gjøres ved å vise frem produktet på messer og ute blant kunder, samt gi noen utvalgte forbrukere muligheten til å benytte en prototype over en periode. Tilbakemeldinger er viktig i denne prosessen, for eventuell videre utvikling/forbedring.
6. **Teknisk implementering** er prosessen du virkelig må ta en beslutning om å satse 100% på produktet, eller anse markedsforutsetningene som for dårlige, og skrinlegge videre produksatsingen. Gå igjennom hele prosessen på nytt, se etter om det kan gjøres forbedringer, optimalisert produksjon, og går det utover andre prosesser i organisasjonen.
7. **Kommersialisering** er endelig kick off! Her er det bare om å gjøre å få nok PR og reklame ut til aktuelle kunder, samt holde en jevn takt på produksjon av produkt. Samtidig er det viktig å fortsatt vær observant på kritiske punkter, som kan forekomme.

(Tore Walter Ruud 2002) (Innovasjon Norge 2014)

2.14 Geoteknikk

Geoteknikk er læren om grunnens bæreevne, styrke og stabilitet i forbindelse med byggetekniske formål. Ved alle typer bygg- og anleggsprosjekter må geoteknikken analyseres og prosjekteres, etter prosjektets omfang. Innen anleggsteknikk og vegbygging handler dette om prøvetaking, analyse og prosjektering av f.eks. fyllinger, utgravinger, støttemurer, tunneler og skredsikring. Utføring av risikovurderinger ved geologiske farer som jord- eller snøskred og effekter av jordskjelv tilhører også faget. (Karlsen 2011) (Vegdirektoratet 2010b)

2.14.1 Jordtrykk

Vertikale og horisontale spenninger fra massene i grunnen, mot støttekonstruksjoner og omfyllingsmasser kalles jordtrykk.

Det finnes tre typer jordtrykk:

- Hviletrykk er jordtrykket mot en støttekonstruksjon som står stille.
- Aktivt jordtrykk blir til når støttekonstruksjonen gir etter for jordtrykket.
- Passivt jordtrykk oppstår når støttekonstruksjonen f.eks. er jordforankret.

(Karlsen 2011)

Det vil i denne oppgaven være hviletrykk som gir påkjenningen, samt trafikklast. Ved mindre betongkonstruksjoner på små dybder er det normalt ikke nødvendig å beregne jordtrykk. Men for å kunne dimensjonere betongkonstruksjonen ble dette utført, følgende formel ble benyttet:

$$q_{Ed,jord} = 1,2 \times K \times \gamma_{jord} \times h$$

Formel 12 Dimensjonerende laster jord (Norge 2008, pkt. 6.4.3.2)

Hvor:

$q_{ed,jord}$ = er endelig beregningsverdi for dimensjonerende jordtrykk

1,2 = lastfaktoren for egenlast

K = jordtrykkskoeffisienten

γ = tyngdetettheten for jordmassen

h = fyllingens høyde

2.14.2 Trafikklast

Trafikklast blir også opptredende på konstruksjonen. Denne er gitt ut ifra tabell, men må også beregnes med faktorer for hvert enkelt tilfelle. Formel for dimensjonerende trafikklast:

$$q_{Ed,trafikk} = 1,5 \times K \times q_k$$

Formel 13 Dimensjonerende laster trafikk (Norge 2008, pkt. 6.4.3.2)

Hvor:

$q_{ed,trafikk}$ = endelig beregningsverdi for dimensjonerende trafikklast

1,5 = lastfaktoren for nyttelast

K = jordtrykkskoeffisienten

q_k = trafikklasten gitt i tabell

3 Metode

I metodekapittelet blir det gitt en oppsummering av hvordan vi har arbeidet oss gjennom prosjektet, for å besvare problemstillingen. For strukturert jobbing delte vi arbeidet inn i 4 faser; planleggingsfase, prosjekteringsfase, utviklingsfase, og en avsluttende rapportfase.

3.1 Planleggingsfasen

Planlegging og utvikling av en prototype er omfattende arbeid og stilte store krav til oss som studenter. Strukturert fremdrift var vårt nøkkelord gjennom denne fasen. Vi måtte skaffe oss kjennskap til allerede eksisterende løsninger, befaring på vegparsellen hvor problemstillingen har oppstått måtte gjennomføres. Videre i planleggingsfasen måtte teorien innhentes og ulike modeller skisseres. For at vi skulle få bygget prototypen måtte aktuelle samarbeidspartnere kontaktes. Planleggingsfasen var krevende, men vi viste at om vi gjorde godt arbeid i denne fasen ville det lette arbeidet videre. For strukturert fremdrift ble det utviklet en prosjektstyringsplan.

3.1.1 Befaring

Ved vår befaring i på fv. 255 Massing – Ångstad, fikk vi raskt et tydelig perspektiv på problematikken med å bygge veg i sterkt sidehellende terreng. Når det i tillegg må håndteres store vannmengder, ble vi varig at her måtte nøyaktig og nyvinnende prosjektering til. Befaringen ga oss viktig forståelse og bakgrunnskunnskap for videre arbeid med oppgaven.



Bilde 6 Viser ekstra masseuttak i skjæring fremfor stikkrenneinntaket (Foto: Per Arne Kolseth).



Bilde 7 Viser valgt løsning for stikkrenneinntak på strekningen. Røde streker viser hvordan man må inn og ned i terrenget for å få plass til stikkrenneinntaket ved benyttet løsning. (Foto: Per Arne Kolseth)



Bilde 8 Viser ekstra terrenginngrepet fremfor stikkrenneinntaket, under utarbeidelse (Foto: Per Arne Kolseth).

3.1.2 Eksisterende løsninger

For å unngå at resultatet vi kom frem til allerede eksisterte på markedet, undersøkte vi hvilke løsninger som eksisterte. Produktkatalogene til de største leverandørene av betongrør og kummer ble nøye saumfart, blant annet Basal og Østeraadt Rør Gruppen. Søk på patentstyret.no, etter patentbeskyttede modeller, ble også gjennomført.

3.1.3 Innhenting av teoretisk grunnlag

Det er mange ulike fagfelt under paraplyen vegbygging – mange av disse er heller ikke inne i vår læreplan på HiG. Dermed satte oppgaven større krav til oss med tanke på innhenting av- og å sette oss inn i gjeldende bakgrunns teori. Fagfolk ble oppsøkt – både internt i Statens vegvesen og eksternt – dette for å få et bredt bilde av aktuell litteratur og utfordringer knyttet til oppgaven. Sivilingeniør Roar Øvre i Statens vegvesen ga oss blant annet tips om å vie hydraulikken spesiell oppmerksomhet i oppgaven, og han kom også med en viktig litteraturanbefaling; «*Vassdragshåndboka*» av NVE hvor hele kapittel 10 er viet stikkrenner med inn- og utløp.

Håndbøkene til Statens vegvesen er normalene for hvordan vegprosjektet skal planlegges, prosjekteres, utføres og driftes. Flere av håndbøkene har vært aktuelle som teoretisk grunnlag for denne bachelor oppgaven, som blant annet håndbok 018 «*Vegbygging*», håndbok 231 «*Rekkverk og vegens sideområder*», håndbok 111 «*Drift og vedlikehold av riksveger*», håndbok 139 «*Tegningsgrunnlag*» og håndbok 016 «*Geoteknikk i vegbygging*».

For å få en forståelse av hvordan betong og armering blir utsatt for klimatiske og kjemiske påkjenninger ute i vegkanten, måtte dette studeres. Boken «*Grunnleggende betongteknologi*» utgitt av BA forlaget ble benyttet i tillegg til Statens vegvesen sine betongspesifikasjoner angitt i håndbok 026 «*Prosesskode 2*», samt krav til prosjektering i håndbok 185 «*Bruprosjektering*».

Generell teori- og praksis rundt de forskjellige fasene ved produktutvikling ble studert for å få flyt i arbeidsprosessen. For tilegnelse av teori ble boka «*Mester i Ledelse og Markedsføring*» av Gyldendal forlag benyttet. For å unngå å sette seg fast i-, eller overse viktige elementer i en prosess, var prosessene stadig under evaluering, altså LEAN-filosofien ble benyttet.

3.1.4 Utforming av modell

Ved utforming av ny type inntaksløsning ble mange løsninger skissert og drøftet. Ettersom skisser ble forkastet og vi satt igjen med utvalgt løsning som ble modellert på et fiktivt terrenggrunnlag i AutoCAD MAP 3D 2013. MAP 3D er en ekstra produktpakke til AutoCAD som muliggjør modellering av intelligente modeller. Med konstruksjonen implementert i et

3D normalprofil av vegen i skjæring fikk vi et mer helhetlig bilde av hvordan konstruksjonen ville se ute i terrenget.

3.1.5 Kvalitetssikring av eksisterende løsninger

Med ferdig modell ønsket vi en garanti for at det ikke fantes liknende løsninger, eller løsninger med samme egenskaper på markedet. Samarbeid med Innovasjon Norge ble opprettet. Der fikk vi midler for å gjennomføre en forundersøkelse av patenterbarhet og designregistrering. Forundersøkelsen ble gjennomført av Patentstyret, som konkluderte med at denne løsningen var unik og patenterbar. (Vedlegg 2 Møtereferat Inovasjon Norge)

3.1.6 Samarbeid med Betonor Vingrom

For å få et fullverdig resultat på problemstillingen vår, hadde vi som mål å lage en prototypemodell. Kostnadene ble dekket av oppdragsgiver Statens vegvesen Vegavdeling Oppland. Prototypens størrelse gjorde det hensiktsmessig å kontakte en betongfabrikk hvor logistikken er tilrettelagt for bygging av slike konstruksjoner. Betonor på Vingrom – en lokal produksjonsbedrift av betongvarer – ble kontaktet med positiv respons.

Betonor fremsto ved deres representant Geir Inge Krok som meget profesjonelle ved å signere fortrolighetsavtalen vi la frem. De så absolutt problemet vi hadde oppdaget, samt informerte om at det på deres avdeling i Førde var laget en modell for denne type problemstilling. Men etter å ha studert våre utarbeidete 3D-modelleringer fastslo de at den ikke var i nærheten av denne, eller noe annet han hadde sett. Derimot mente han at vår løsning så ut til å være meget smart og en videreutviklende type inntak for stikkrenner. (Vedlegg 3 Møtereferat Betonor Vingrom)

3.1.7 Markedsanalyse

I tråd med produktutviklingsteorien, samt anbefaling av Innovasjon Norge utførte vi en markedsanalyse for å anslå verdien av vår produktide. Dette for å prøve å finne ut av om det i det hele tatt vil bli fremtidig etterspørsel etter inntaksløsningen, eller om det kun er vi som er en erfaring rikere etter denne produktutviklingen.

Med bakgrunn i aktuelle rapporter samt møtene vi har hatt med både produsenter, forbrukere, prosjekterende og støttespillere, tyder det på at ideen vår er noe det absolutt er et marked for der ute. Vi har i alle møtene blitt møtt med entusiasme og fått positive tilbakemeldinger, samt nyttige tips til videre arbeid. I tillegg har dette samarbeidet med næringslivet, gitt oss økt motivasjon til ekstra innsats i produktutviklingen. Med bakgrunn i produktutviklingsteorien er det blitt utarbeidet en markedsanalyse, samt kalkyler for produktet.

3.2 Prosjekteringsfasen

I prosjekteringsfasen anvendte vi innhentet teori, samt eget utarbeidet stoff for å finne en løsning på vår problemstilling. Dette arbeidet bygget videre på utformede modelleringer, og det ble utført dimensjonering av aktuell størrelse; dette med tanke på grøfteprofil, og kapasitetsberegninger. Videre ble den konstruert for aktuelle ytre påkjenninger den ville bli utsatt for.

3.2.1 Hydraulisk prosjektering

Hydrauliske beregninger er ofte komplekse beregninger som for eksakt resultat best lar seg utføre med dataprogramvare, og da gjerne simulasjoner som et nyttig verktøy for en mer virkelig forståelse av resultatene. Vi hadde ikke slik programvare tilgjengelig, og måtte stole på manuell beregning, samt mer enkle beregningsprogram. Beregningsformlene er hentet fra Vassdragshåndboka utgitt av NVE.

Vi har valgt å fremvise resultater fra beregninger med to ulike fall gjennom den eksisterende Ø600 mm rennen, samt fremvise ett resultat hvor ruheten er veldig høy. Rapport fra Statens vegvesens «*Pilotprosjekt på stikkrenner*» har vist at ruheten i rør øker med tiden etter avleiringer fra vannføringen når drift- og vedlikehold uteblir. (Hestangen, Nguyen, Flesjø 2010)

Den hydrauliske dimensjoneringen av stikkrennen er utført i programmet Delfyll. Delfyll er utviklet av sivilingeniør Trond Holmestad, og tidligere benyttet ved liknende hydrauliske beregninger i ulike vegbyggingsprosjekter. Delfyll tar hensyn til at hele tverrsnittet i stikkrennen utnyttes, samt at den har en beregningsmodul for delfylte rør. I programmet er formlene som er beskrevet i teorikapittelet implementert. Til kvalitetssikring av resultatene vi

fikk ut av Delfyll ble AutoCAD modulen Novapoint VA benyttet. Novapoint VA er en tung programvare som benyttes til planlegging og prosjektering av vann- og avløpsprosjekter.

Til å finne kapasiteten til innløpskonstruksjonen er formlene for hydraulisk kort kulvert benyttet. Denne formelen tar hensyn til at reservekapasiteten til konstruksjonen benyttes, og at situasjonen oppstrøm stikkrenne tilsvarer $y_1/D > 1,0$. I tillegg tar formelen ved vannføringskoeffisienten C_D hensyn til hvor avrundet innløpet er.

3.2.2 Betong og armering

Generell betongteknologi var kjent stoff, men hvilke krav som stiltes til denne type konstruksjoner måtte studeres. Dette ble tilegnet gjennom gjeldene standarder og Statens vegvesen sine håndbøker. Leverandørers- og produsenters erfarings- og forskningsdata innen området, ble også studert.

3.2.3 Dimensjonering av konstruksjonen

Ved bruk av betongprodukter i forbindelse med vegprosjekter, må det utføres i henhold til Statens vegvesen og Standard Norges gjeldende krav. De generelle kravene til betongprosjektering finnes i Håndbok 185, og NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1992-2. Håndbok 185 er i hovedsak rettet mot prosjektering av bruer, men også mindre konstruksjoner.

For dimensjonering av betongkonstruksjonen er det benyttet et Excelark utarbeidet av Atle Solbakken ved Fagskolen Innlandet. Dette er laget for enveisplate med to faste opplager, noe som passer godt for hver enkelt vegg for konstruksjonen. Eneste at høyde på veggen må tenkes som dybde i beregningene. For videre innsikt i beregningene se vedlegg 4 og 5 Dimensjonering, her kommer også formel- og kildehenvisninger for beregningene tydelig frem.

3.2.4 Geoteknikk

Ifølge Geoteknikkboka av Jan Karlsen vil ikke fagområdet by på store dimensjonerende krefter i konstruksjoner som denne, da det er å anse som en liten konstruksjon, med små geotekniske påkjenninger. Men for å danne beregningsgrunnlag for dimensjonering av

betongveggene, ble allikevel jordtrykk og trafikklast beregnet. Beregningene inngår i samme excelark som betongberegningene og finnes som vedlegg 4 og 5 Dimensjonering.

3.2.5 Utarbeidelse av arbeidstegninger

Til utarbeidelse av arbeidstegningene har AutoCAD Map 3D 2013 blitt benyttet. Arbeidstegningene er utarbeidet med riktig målestokk – som angir forholdet mellom tegningen og inntaksløsningen – og målsatt med konstruksjonens virkelige mål. Tittelfelt med tegningsforklaring-, dato- og navn, samt initialene på hvem som har utarbeidet tegningen kommer også frem.

3.3 Bygge- og utsettingsfasen

Inntaksløsningen er en betongkonstruksjon. Produksjon av denne type konstruksjoner krever at det først bygges en form/forskaling etter konstruksjonens mål. I denne formen må utsparring med riktig diameter for aktuell stikkrenne plasseres, samt heiseanordninger for forflytning og montasje.

For å kunne støpe hele konstruksjonen i en prosess måtte det planlegges grundig hvordan man skulle gå frem med forskalingen. Flere alternative forskalingsmåter ble vurdert, blant annet å forskale og støpe den opp-ned. Men vi kom til slutt frem til at å støpe den riktig vei lot seg gjøre. Formen ble laget med materialer av finer, og konstruksjonsvirke av tre.

Betongkonstruksjoner til slikt bruk krever generelt lite armering, da ytre opptredende påkjenninger ikke blir vesentlige. Men det må minimum-armeres for å motvirke oppsprekking og riss i betongen, samt for å kunne motstå opptredende jordtrykk og trafikklast. Aktuell utførelse av armering beskrives nærmere i resultatkapittelet.

3.3.1 Utplassering i terreng og måling

Et av målene med oppgaven er å få prototypen ut i terrenget, og få testet den ved en aktuell stikkrenneplassering. Dette vil foregå i samarbeid med Statens vegvesen på parsellen Massing-Ångstad langs fv. 255 Skåbuvegen.

Målinger vil bli utført ved:

- Produksjon-, og utplassering av prototypen. Målinger av tidsforbruk og kostnader i prosessene er sammenliknet med gjennomsnittlige enhetspriser og erfaring fra fagpersonell.
- Kapasitet av vanngjennomstrømning. Dette vil bli gjort ved observasjoner, og det vil her i hovedsak bli lagt vekt på om stikkrennen tar unna vannet fra prototypen, eller om den renner over. Det vil også bli sett på vannets strømminger igjennom hele løsningen.
- Selvrensing, fungerer det som antatt og prosjektert, eller hoper det seg opp partikler av noen slag igjennom løsningen?

Målinger ved utplasseringsfasen er med forbehold om vær-situasjonen. For testing av inntaksløsningen er vi avhengig av ekstrem snøsmelting, og eller nedbør slik at det kommer en betydelig vannstrøm inn i konstruksjonen.

3.4 Avsluttende rapportfase

I forbindelse med utviklingen av prototypen kom vi i kontakt med hydrolog Steinar Myrabø, leder for delprosjekt 5 «*håndtering av flom og vann på avveie*» i regi av NIFS. NIFS er en forkortelse for: **N**aturfare, **I**nfrastruktur, **F**lom og **S**kred. Dette er et samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen, Jernbaneverket og Norges vassdrags- og energidirektorat. Som mål har samarbeidsprosjektet å utvikle robust infrastruktur, trygg bebyggelse, trygg samferdsel og god skred- og flomvarsling. (NIFS 2012)

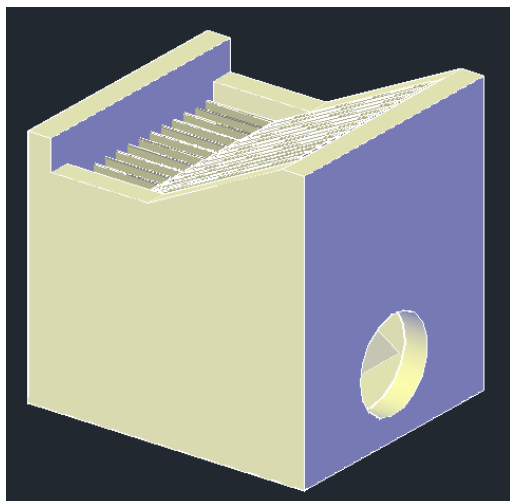
Steinar fattet raskt interesse for vår inntaksløsning – med uttalelser som «inntakskonstruksjonen er en vesentlig forbedring av eksisterende løsninger» – ønsket han svært gjerne et tett samarbeid mellom oss studenter og NIFS i avslutningen av prosjektet, samt i videre arbeid gjennom nye studentoppgaver basert på denne. (Vedlegg 1 Møtereferat interesseparter)

4 Resultat

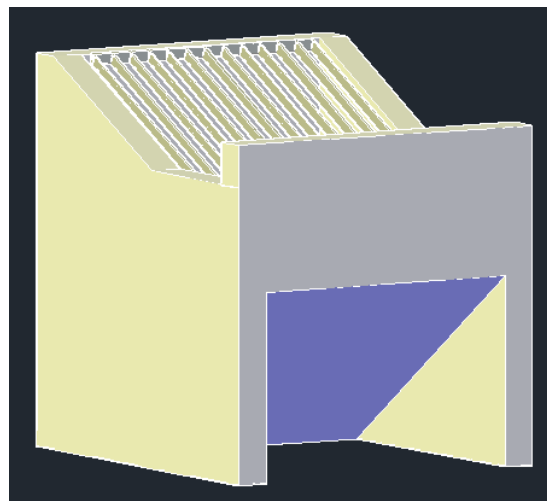
4.1 Form

Inntaksløsningen er planlagt på et rektangulært plan med hele planarealet dekket av en inntaksrist. I snittet følger sideveggene et grøfteprofil hvor indre grøfteskråning har helning 1:2 og en flat grøft på 50 cm.

I overgang grøft til stikkrenne er strømmingen bestemt av vannets akselerasjon. Bunnplaten har derfor en sterk helling for å øke farten på vannstrømmen og hindre avleiringer inn gjennom inntaket til stikkrennen. Dette vil sikre vannstrømmen fart inn i stikkrennen, og sedimenter har større sjanse for å komme gjennom røret. Med andre ord; sikre selvrens gjennom stikkrennen.



Figur 12 Modell av inntaksløsningen forfra (Per Arne Kolseth 2014)



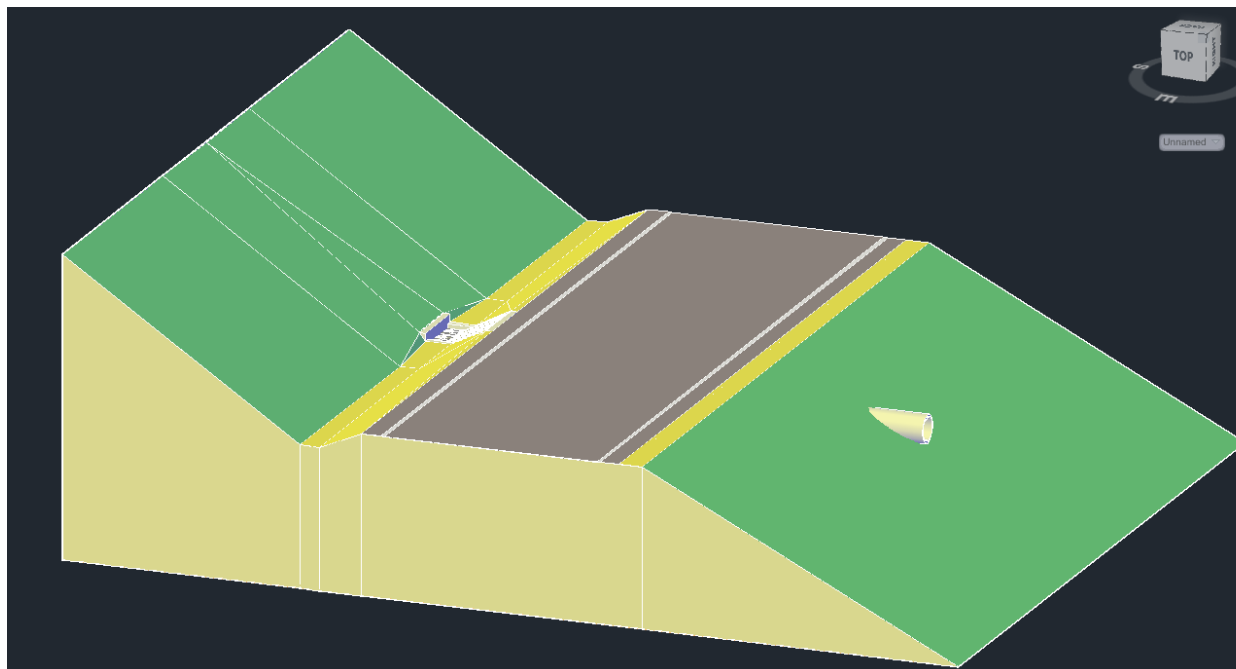
Figur 13 Modell av inntaksløsningen bakfra (Per Arne Kolseth 2014)

Frontveggen mot vegbanen er planlagt som en rett vegg med utsparing for stikkrennerøret. Kronen til frontveggen skal ligge på samme høyde som topp skulder/rekkverksrom av vegbanen. Frontveggen er planlagt opp til denne høyden med tanke på å oppnå reservekapasitet i innløpet ved store nedbørsmengder/høy vannføring. I tillegg til å oppnå en reservekapasitet hindrer den høye frontveggen at vannmassene kan grave i overbygningen når reservekapasiteten er oppnådd.

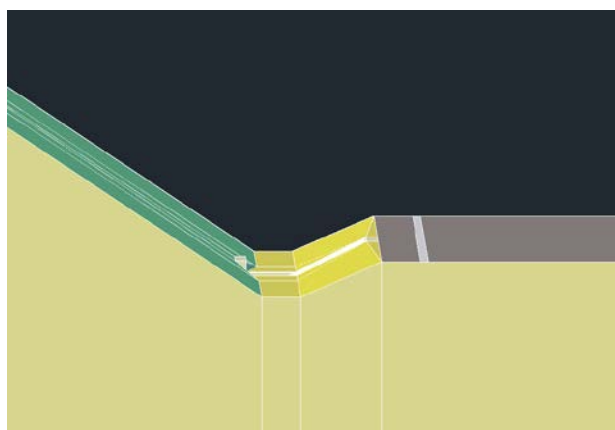
Bakveggen går ikke like dypt som sideveggene, men stopper i underkant bunnplate. Dette for å minske volumet av betong, derav en lettere håndterlig konstruksjon. Bakveggen er forhøyet

med 35 cm over bunn grøft for å få mothold til terrenget. Dette gjør det mulig og fylle tilbake masser inntil konstruksjonen, for å sikre en helhetlig skjæring uten erosjonstiltak.

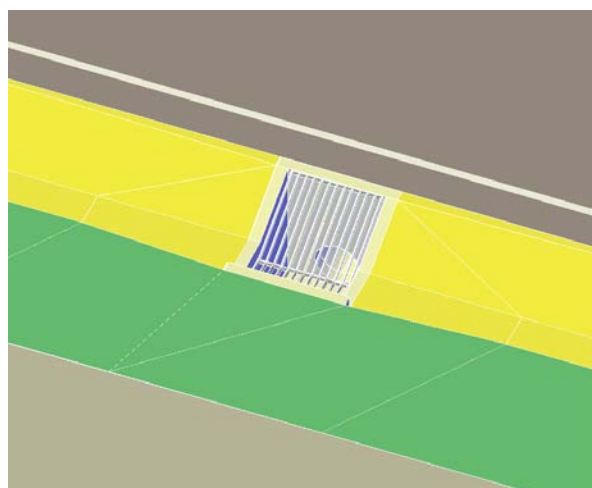
Under følger utklipp av konstruksjonen innsatt i en fiktiv terrengmodell



Figur 14 Inntaksløsningen sett i perspektiv med pålagt fiktivt terreng (Per Arne Kolseth, 2014)



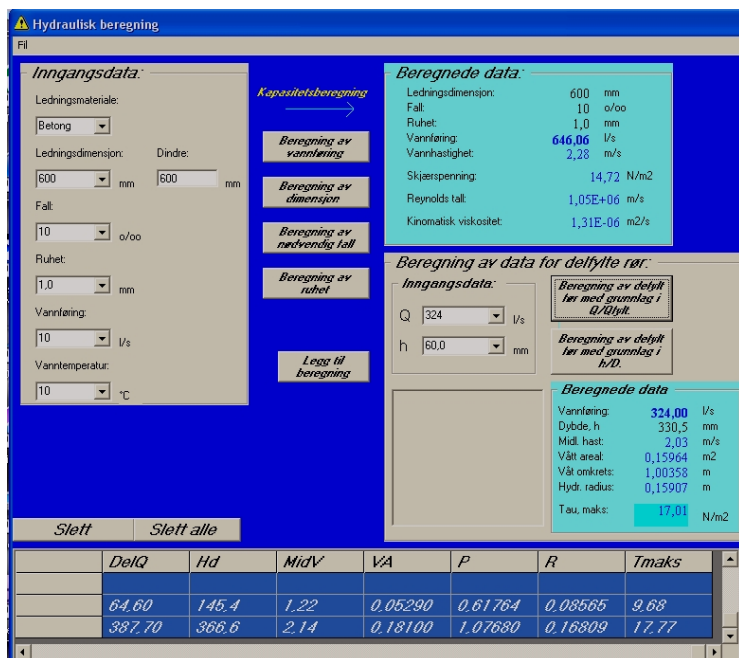
Figur 15 Inntaksløsningen sett fra siden i et fiktivt terrenggrunnlag (Per Arne Kolseth, 2014)



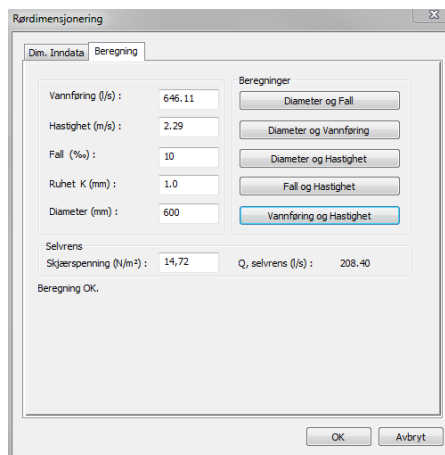
Figur 16 Inntaksløsningen oven ifra med pålagt fiktivt terreng (Per Arne Kolseth, 2014)

4.2 Kapasitetsberegninger ved $y_1/D = 1,0$

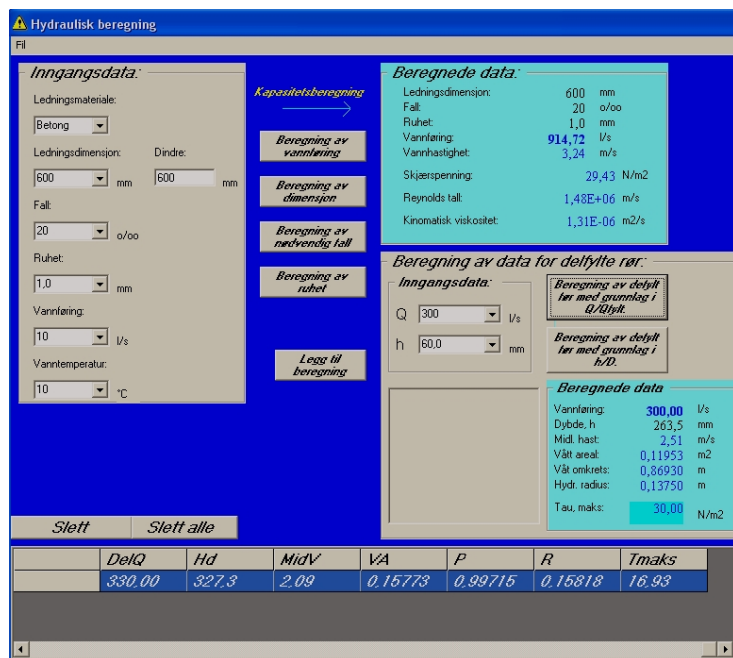
Resultatene fra dimensjonering av stikkrennen med frispelstrømming er vist i figur 17 til 22. Benyttet programvare er Delfyll for venstre kolonne, og Novapoint VA for høyre kolonne.



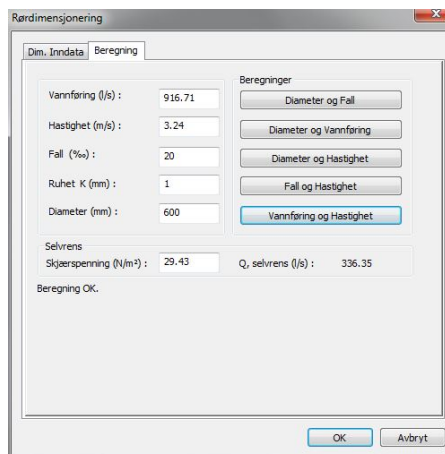
Figur 17 viser kapasitetsberegning for en Ø600 mm ledning med 10 % fall og ruhet på 1,0 mm



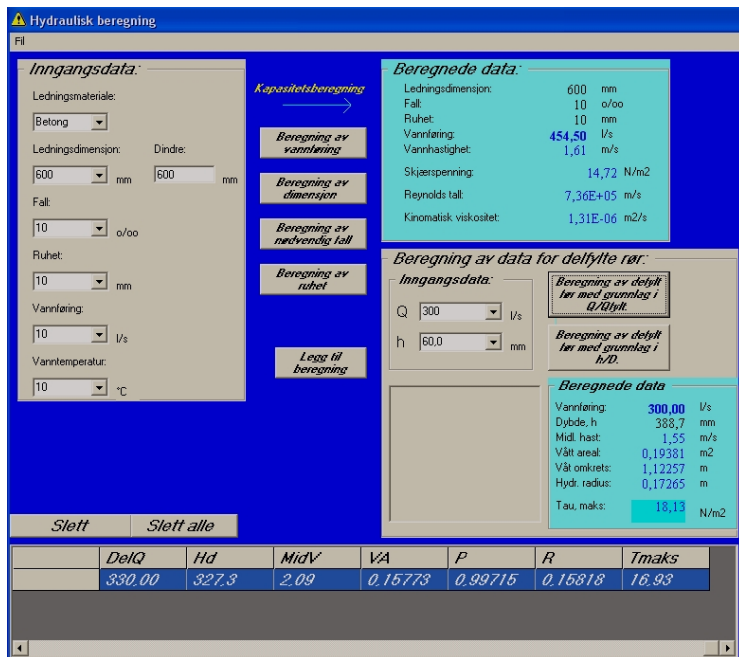
Figur 18 Kvalitetssikrer resultatene fra Delfyll ved 10 % fall og 1,0 mm ruhet



Figur 19 viser kapasitetsberegning ved fylt rør og Delfyllt rør for en Ø600 mm ledning med 20 % fall og ruhet på 1,0 mm



Figur 20 viser kvalitetssikret resultat fra Delfyll for en Ø600 mm ved 20 % fall og 1,0 mm ruhet



Figur 21 viser resultat fra beregning ved høy ruhet; 10 mm

Resultatene viser at kapasiteten til en Ø600 mm stikkrenne av betong vil være ca. 646 l/s ved 10 ‰ fall og 1 mm ruhet. Vannhastigheten ved denne vannføringen vil være ca. 2,29 m/s. Resultatene viser også at en kan oppnå en kapasitetsøkning fra 646 l/s til 914 l/s ved å øke fallet på stikkrennen fra 10-20 ‰. Ved å øke fallet vil også vannhastigheten øke med nesten 1 m/s.

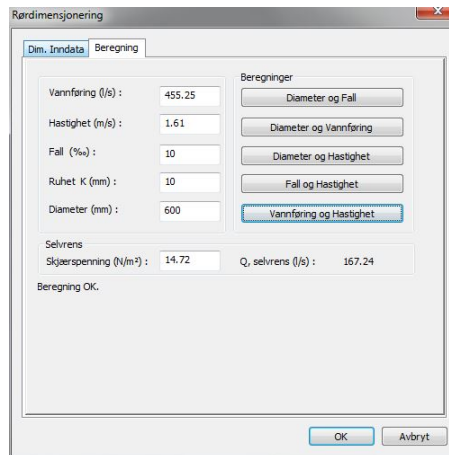
Figur 21 og 22 viser resultat fra beregning av vannføring ved en situasjon der drift- og vedlikehold av stikkrennen har uteblitt, og ruheten i stikkrennen er veldig høy. En økt ruhet fra 1 til 10 mm tilsier at vannføringskapasiteten til rennen reduseres med ca. 190 l/s, og vannhastigheten reduseres fra 2,29 til 1,61 m/s.

Over- eller underkritisk strømning ved full kapasitetsutnyttelse med 10 ‰ fall og 1 mm ruhet.

$$Fr = \frac{2,28}{\sqrt{9,81 \times 0,6}}$$

$$Fr = 0,93$$

Ved full utnyttelse av rørets kapasitet vil strømningen gjennom stikkrennen renne underkritisk.



Figur 22 Kvalitetssikret resultat fra Delfyll ved høy ruhet

Over- eller underkritisk strømning ved delfylt rør med 10 ‰ fall og 1 mm ruhet.

$$Fr = \frac{2,03}{\sqrt{9,81 \times 0,33}}$$

$$Fr = 1,13$$

Ved delfylt rør vil strømningen renne overkritisk.

Over- eller underkritisk strømning ved full kapasitetsutnyttelse med 20 ‰ fall og 1 mm ruhet.

$$Fr = \frac{3,24}{\sqrt{9,81 \times 0,6}}$$

$$Fr = 1,34$$

Ved full utnyttelse av rørets kapasitet vil strømningen gjennom stikkrennen renne overkritisk.

4.3 Kapasitetsberegning for hydraulisk kort kulvert med reservekapasitet

Ved å akseptere en reservekapasitet ($y_1/D > 1,0$) i konstruksjonen og la vannstanden oppstrøm stikkrenne stige til bunn grøft – $y_1 = 1,35$ meter – kan kapasiteten økes ytterligere. Reservekapasiteten er beregnet fra topp rør til bunn av den flate grøften. Et inntak med reservekapasitet øker kapasiteten på den totale konstruksjonen vesentlig, men hindrer frispeilstrømning når vannstanden oppstrøms overstiger topp rør. Reservekapasiteten bør ikke være dimensjonerende ved normalsituasjon, men kan være god å ha i ekstremværsituasjoner.

$$Q = 0,525 \times \frac{\pi}{4} \times 0,6^2 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 1,35}$$

$$Q = 0,764 \text{ m}^3/\text{s} \times 1000 \text{ l}$$

$$Q = 763,96 \text{ l/s}$$

Vannhastigheten i stikkrennen blir da:

$$V = \frac{763,96}{(\pi \times (0,3^2) \times 1000)}$$

$$V = 2,70 \text{ m/s}$$

Når den totale kapasiteten til inntakskonstruksjonen benyttes vil den kunne håndtere en vannføring på 763,96 l/s med en hastighet på 2,70 m/s. Beregningen er gjort med tanke på prototypen og at den skal kobles på en Ø600 mm stikkrenne. Det er ikke hensyntatt noen avrunding av innløpet.

Over- eller underkritisk strømning

$$Fr = \frac{2,70}{\sqrt{9,81 \times 0,6}}$$
$$Fr = 1,11$$

Ved full utnyttelse av inntakskonstruksjonens kapasitet vil strømmingen gjennom stikkrennen renne overkritisk.

4.4 Geoteknikk

De geotekniske beregningene innebærer jordtrykk og trafikklast. Jordtrykket ble beregnet ut etter massetetthet for kult (24 kN/m^3), og asfalt (24 kN/m^3). Tilfeldigvis samme massetetthet, dermed slått sammen til en beregning. I følge NS-EN 1991-1-1 NA.6.8 karakteristisk trafikklast for kjøretøyer opptil 160 kN brutto tyngde er gitt til $5,0 \text{ kN/m}^2$.

Resultater av oppgavens geoteknikkberegninger, viser at det er små krefter som vil virke inn på konstruksjon. Dens største påkjenning vil opptre på frontveggen over stikkrenneinntaket, her er dens dimensjonerende last beregnet til $18,4 \text{ kN/m}$. (Vedlegg 5 Dimensjonering frontvegg)

4.5 Betong

Statens vegvesen har sine egne utarbeidede betongresepter for bruk på konstruksjoner langs veg, avhengig av eksponeringsforhold, konstruksjonstyper, osv. En oversikt over hvilke krav som er gjeldene for inntaksløsningen, er listet opp i tabellen under:

Tabell 7 Krav i betongresepten

Gjeldene krav til betong	Krav	Kilde
Eksponeringsklasse	XD3	NS-EN 1992-1-1, tab.4.1
Bestandighetsklasse	M40	NS-EN 1992-1-1, tab. NA.4.4N og NA.4.5N
Betongspesifikasjon	SV-30	Håndbok 185, Tabell 5.1.
Tyngdetetthet	24.0 kN/m ³	Håndbok 185, pkt. 5.3.2.1.4
Dimensjonerende brukstid	100år	Fastsatt
Minste overdekning	50mm	NS-EN 1992-1-1, tab. NA.4.4N og NA.4.5N
konstruksjonsklasse	S5	NS-EN 1992-1-1, tab. 4.4N

4.5.1 Dimensjonering

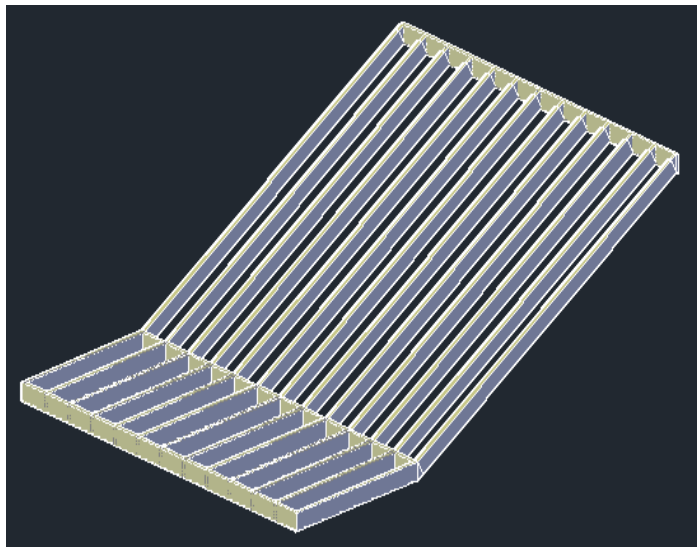
Inntaksløsningen er dimensjonert etter gjeldene standarder og forskrifter. Hele fremgangsmåten finnes i beregningskjemaene under vedlegg 4 og 5 Dimensjonering.

Her er kort oppsummert resultatene for konstruksjonen av sideveggen, siden den blir utsatt for størst moment, og dermed også blir dimensjonerende for resterende konstruksjoner:

Tabell 8 Oppsummering av betongdimensjonering (vedlegg 4 Dimensjonering av sidevegg.)

	Symbol	Formel	Valgt	Enhet	Kildehenvisning
Dekketykkelse	t		150	mm	
Tyngdetetthet kult/asfalt	γ		24	kN/m ³	NBI 511.101
Trafikklast			5	kN/m ²	NS-EN 1991-1-1
Jevnt fordelt last	$Q_{Ed6.10a}$	$V_{G,j} \cdot (\overline{B}_k, \text{dekke} + \overline{B}_k, \text{tillegg}) + V_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot r_k$	15,4	kN/m	NS-EN 1990 pkt. 6.4.3.2
Dim. moment	M_{Ed}	$Q_{Ed} \cdot l^2 / 8$	4,6	kNm	NBI 421.051 pkt. 21
Dim. skjærkraft	V_{Ed}	$Q_{Ed} \cdot l / 2$	11,9	kN	NBI 421.051 pkt. 21
Betongkvalitet			B35		
Kar. stålkvalitet	f_y		500	N/mm ²	Armeringstabeller
Nødvendig armering	$A_{s, \text{nødv.}}$	$M_{Ed} / (f_{yd} \cdot (1 - 0,61 \cdot m) \cdot d)$	144	mm ²	DIMENSJONERING AV BETONGDEKKER
Velger armering	A_s	Bruker Nett K154 (Ø7s250)	154	mm ²	Armeringstabeller

4.6 Inntakets rist



Figur 23 Modell av inntaksrist (Per Arne Kolseth 2014)

Over fremvises modell av inntaksristen. Inntaksristen er flat og følger kronen på konstruksjonen. Som materiale er det benyttet galvanisert stål. Risten har tversgående spiler i forhold til grøftens lengderetning. Spilenes har rektangulær form og en dimensjon på 5 x 40 mm. Spalteåpningen mellom spilene er 100 mm, etter anbefaling fra Steinar Myrabø (Vedlegg 1 Møtereferat interesseparter)

4.7 Tegninger

Utarbeidede tegninger med riktig målestokk og med inntakskonstruksjonens virkelige mål ligger som vedlegg til oppgaven. Tegningene var gjeldene for byggingen av konstruksjonen. (vedlegg 6,7,8)

4.8 Bygging av prototypen

Konstruksjonen ble bygget som en blanding av støttende og bærende forskaling. Ytterveggforskalingen (oppsettforskalingen) ble bygget som en støttende forskaling, mens den hellende bunnplaten ble forskalet som en bærende forskaling. Ved hjelp av malthusstag ble oppsettforskalingen og lukkeforskalingen holdt i riktig avstand. Som hud ble filmbelagte finerplater benyttet. Huden er formens kontaktflate mot betongen, og flaten som vil danne avtrykket i betongen. For å holde forskalingen sammen under støp ble 48x98 mm konstruksjonsvirke av tre benyttet som stående stendere og liggende strekkfisk.

Bilder fra byggingen er vist på etterfølgende sider:



Bilde 9 Inntaksløsningen sett fra siden – fremre kant. Her er den innvendige kassen under montert, mens den over er under bygging. (Foto: Morten Austdal)



Bilde 10 Inntaksløsningen sett fra siden – bakre kant. Ser forskalingstagen som holder de indre kassene i sammen. (Foto: Morten Austdal)



Bilde 11 Armeringen i bunnplaten og bakveggen ligger sentrisk i konstruksjonen. (Foto: Morten Austdal)



Bilde 12 Sett oven ifra, mot bakvegg. Mangler kun endesteng på venstre side før formen er klar for støp. Bildet viser godt kompleksiteten med forskalingen! (Foto: Morten Austdal)



Bilde 13 Ser her fra toppen og ned i frontveggen, hvor det er lagt inn en utsparing for stikkrennen sin innpå kobling.

(Foto Morten Austdal)



Bilde 16 til venstre. Her ser vi det på murkronen av frontveggen og bakveggen er montert de 4 innstøpte løfteankrene (Foto: Morten Austdal).



Bilde 14 Her er inntaksløsningen ferdig støpt og forskalingen er revet. Bildet viser baksiden, hvor det ble forskalet en innvendig kasse for å spare betong og vekt.

(Foto: Morten Austdal)



Bilde 15 over. Inntaksløsningens utsparing for stikkrennen. Den er laget med innstøpt gummipakning for tett overgang. Utformingen til grøfteprofilen, og bakveggenes forhøyning kommer også frem. (Foto: Morten Austdal)

(Foto: Morten Austdal)

4.9 Utsetting av prototypen

Den 06.05.2014 ble prototypen utsatt, og erstattet da eksisterende bekkeinntak på parsellen Massing-Ångstad. Dette var et utmerket utplasseringspunkt for vår prototype. Med den forhøyede bakveggen ble ekstra kostnader med oppføring av mur bespart. Samtidig vil omkringliggende område gi en betydelig vanntilførsel, både fra grøftetilrenning og grunnvannsstrømm fra skjæringen, ved ekstreme forhold. Utsettingen er vist med bilder under. Entreprenør for utsettingen var Ahsco Entreprenør AS.



Bilde 17 Viser inntakskonstruksjonen utsatt i terreng (Foto: Morten Austdal og Per Arne Kolseth)

4.10 Markedsanalyse

Ut ifra undersøkelsene og informasjonsinnhentinger fra Statens vegvesen har vi anslått antallet vi mener kan være relevant på landsbasis etter en høy- og en lav verdi. Grunnet den store usikkerheten rundt slike anslag er spriket nokså stort, inntaksløsningens praktiske resultater og popularitet i markedet vil være avgjørende faktorer her.

Tabell 9 Anslår antall solgte enheter pr. år

Anslått antall solgte enheter					
	1.år	2.år	3.år	4.år	5.år
Høy verdi	100	200	280	350	400
Lav verdi	30	60	85	105	120

4.11 Økonomi

Kostnaden ved utarbeidelsen av prototypen ble kr. 35 000,- i tillegg ble kostnaden for risten kr. 8000,-. Vår forhåndsutarbeidede kalkyle av prototypen som følger under ble dermed noe lav, da utførelsen av forskalingen tok noe mer tid enn anslått. Kalkylene tar ikke med seg kostnadene med risten, siden denne vil bli innkjøpt av mekanisk verksted.

Tabell 10 Selvkostkalkyle for bygging av prototype

Selvkostkalkyle prototype	Forskaling		Betong		Totalt
Direkte Matrialkostnad	kr	12 000,00	kr	1 250,00	kr 13 250,00
Direkte lønn	kr	9 000,00	kr	1 800,00	kr 10 800,00
Indirekte kostnader tilvirknings avd. fast	kr	500,00	kr	500,00	kr 1 000,00
Indirekte kostnader tilv. avd variabel	kr	2 000,00	kr	1 000,00	kr 3 000,00
Tilvirkningskost	kr	23 500,00	kr	4 550,00	kr 28 050,00
indirekte kostnader salg/admin fast	kr	-	kr	-	kr -
indirekte kostnader salg/admin variabel	kr	-	kr	-	kr -
Selvkost (sum alle kostnader)	kr	23 500,00	kr	4 550,00	kr 28 050,00
Fortjeneste		0 %			kr -
Salgspris u/mva					kr 28 050,00

I en eventuell masseproduksjon vil en solid stålform bli spesiallaget for støping av konstruksjonen. Denne vil være tilrettelagt for rasjonell produksjon, hvor montasje av armering, utsparingsmuffe, og heiseanker gjøres effektivt, før man enkelt lukker og låser formen. Formen vil kunne bli gjenbrukt over et stort antall enheter, da tanken er at den skal

kunne demonteres enkelt for fjerning av herdet konstruksjon. Dette medfører at produksjonskostnadene synker vesentlig, både med tanke på materialkostnad og antall arbeidstimer.

Vi har med utgangspunkt i våre erfaringer fra produksjonen av prototypen, samt med erfaringsinformasjon fra Betonor, stipulert oss frem til en selvkostkalkyle også for en masseproduksjon av vår type inntaksløsning:

Tabell 11 Selvkostkalkyle ved masseproduksjon

Selvkostkalkyle masseproduksjon		Forskaling	Betong	Totalt
Direkte Matrialkostnad		kr 3 000,00	kr 1 250,00	kr 4 250,00
Direkte lønn		kr 3 000,00	kr 1 200,00	kr 4 200,00
Indirekte kostnader tilvirknings avd. fast	30 %	kr 1 800,00	kr 375,00	kr 2 175,00
Indirekte kostnader tilv. avd variabel	30 %	kr 1 800,00	kr 360,00	kr 2 160,00
Tilvirkningskost		kr 9 600,00	kr 3 185,00	kr 12 785,00
indirekte kostnader salg/admin fast	25 %	kr 2 400,00	kr 796,25	kr 3 196,25
indirekte kostnader salg/admin variabel	25 %	kr 2 400,00	kr 796,25	kr 3 196,25
Selvkost (sum alle kostnader)		kr 14 400,00	kr 4 777,50	kr 19 177,50
Fortjeneste	55 %			kr 10 547,63
Salgspris u/mva				kr 29 725,13

Som vi ser i kalkylen over, vil en masseproduksjon kunne redusere selvkosten av inntaksløsningen til nesten halvparten kontra prototypens kostnad. Avskrivning av den spesiellagede formen er ikke medtatt. Indirekte kostnader er kun grovt stipulert da dette kommer veldig an på produksjonsbedriften. Med en foreslått salgspris på underkant av 30 000 kr. gir det ut ifra vår kalkyle en pen fortjeneste. Ristens pris ble også anslått noe lavere ved en mengdeproduksjon, ca. 6000 kr.

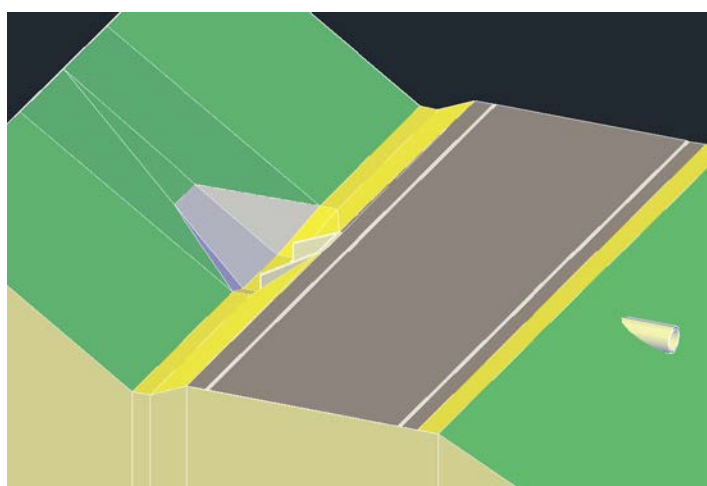
4.12 Rasjonell og økonomisk anleggsdrift

Konstruksjonen er blitt utformet på generelt grunnlag, med flere anvendelsesområder. Spesielt godt passer den som inntaksløsning til stikkrenner i sidebratte skjæringer, grunnet dens profiltilpasning og bakvegg som hindrer gjentetting ved ras. Da dette har vist seg å være utfordrende og komplekst å få til med dagens løsninger, har vi spesielt rettet utsettingsfremdriften mot denne type terreng.

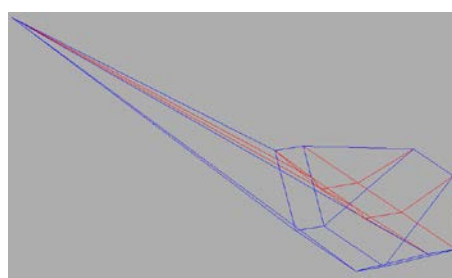
Under har vi i samråd med fagkyndige stipulert kostnadene ved utsetting av vår type inntaksløsning, kontra benyttede løsninger på fv. 255 Massing – Ångstad. Entreprenørs erfaring fra utsettingen av prototypen, pekte mot at tidsforbruket var identisk med bekkeinntak. Dermed har vi lagt til samme sum for utsetting av inntaksløsningen i prosessen (47.71), som for utsetting av bekkeinntak (prosesskode 46.192 i prosesskoden). På strekningen er plastring utført som erosjonstiltak på skjæringene, men ifølge normalene til Statens vegvesen skulle mur vært benyttet for mothold av terrenget, ved så bratte skjæringene.

Løsning 1

Benyttet løsning med bekkeinntak som inntakskonstruksjon som vist av figur under, krever omlegging av grøften inn-, og ned i terrenget. I tillegg til at det gir et estetisk innhugg i skjæringen, øker sannsynligheten for erosjonsskader - med påfølgende gjentetting av innløp. Masseuttaket øker også med minimum 10 m³. Plastring som vist på figur 24 må minimum utføres som tiltak. Stipulert kostnad for denne løsningen er kr. 44 417.



Figur 24 Benyttet løsning på fv.255 med plastring og ekstra masseuttak (Per Arne Kolseth, 2014)



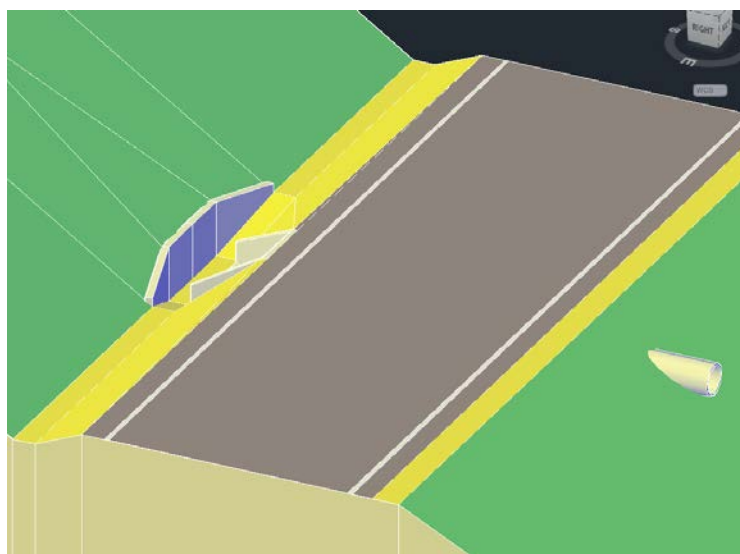
Figur 25 Volumforskjellen mellom benyttet løsning og ny type. Blå farge er benyttet løsning, mens rød farge illustrerer skjæring ved ny type løsning. (Per Arne Kolseth, 2014)

Tabell 12 Kostnadsoverslag opprinnelig benyttet løsning

Prosess	Prosessbeskrivelse	Enhet	Antall	Enh. Pris	Sum
25.1	Jordmasser i linjen	m ³	10,00	kr 145,00	kr 1 450,00
46.192	Bekkeinntak for Ø600 mm	Stk	1,00	kr 38 242,00	kr 38 242,00
45.18	Plastring	m ²	10,50	kr 450,00	kr 4 725,00
Sum					kr 44 417,00

Løsning 2

For å opprettholde Statens vegvesens krav til skjæringshelning ved benyttelse av løsning 1, må det i parsellens bratteste skjæringer settes opp mur. Stipulert gjennomsnittspris på planlegging og utførelse av en betongmur på 7 m² kommer på 84 000kr. Stipulert kostnad ved denne løsningen blir dermed kr. 122 242.



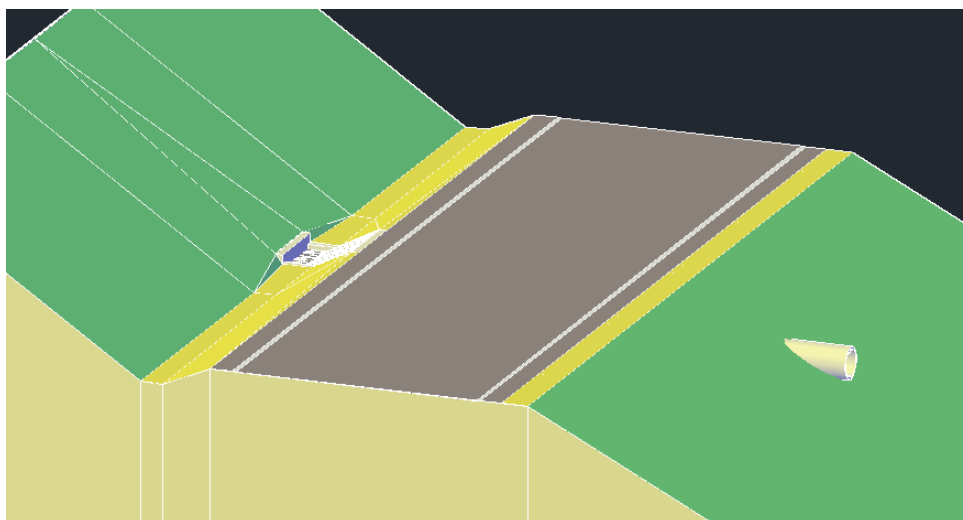
Figur 26 Løsning med mur for en helhetlig skjæring (Per Arne Kolseth, 2014)

Tabell 13 Kostnadsoverslag opprinnelig løsning med mur

Prosess	Prosessbeskrivelse	Enhet	Antall	Enh. Pris	Sum
25.1	Jordmasser i linjen	m ³	0,00	kr 145,00	kr -
46.192	Bekkeinntak for Ø600 mm	Stk	1,00	kr 38 242,00	kr 38 242,00
71.3	Mur av betongelementer	m ²	7,00	kr 12 000,00	kr 84 000,00
Sum					kr 122 242,00

Løsning 3

Ved å benytte ny utviklet inntaksløsning for stikkrennen, vil man kunne få en jevn skjæring, uten spesielle tiltak. Den krever verken innsnevring av vegbanen eller omgjøring av grøft-/skjæringsprofil. Kostnad ved benyttelse av ny type inntaksløsning er stipulert til kr. 41 000.



Figur 27 Ny inntaksløsning for stikkrenner, uten behov for tiltak. (Per Arne Kolseth, 2014)

Tabell 14 Kostnadsoverslag ny løsning

Prosess	Prosessbeskrivelse	Enhet	Antall	Enh. Pris	Sum
25.1	Jordmasser i linjen	m ³	0,00	kr 145,00	kr -
46.71	Prefabrikert spsialkum	Stk	1,00	kr 41 000,00	kr 41 000,00
Sum					kr 41 000,00

5 Analyse

5.1 Grøftetilpasset konstruksjon

Konstruksjonen er planlagt at skal følge et standardisert skjæringsprofil i jord med grunn sidegrøft og tilhørende grøftestørrelser iht. håndbok 018. Da helningsforholdet på indre grøfteskråning for en grunn sidegrøft er 1:4 etter normalene, mens helningen på murkronen på vår konstruksjon er 1:2 må det gjøres en tilpasning i grøften. En tilpasning av jord fra helning 1:4 til 1:2 er fullt mulig, og en ofte benyttet grøftehelning jf. mail fra Trond Holmestad (vedlegg 9).

Bakveggen er forhøyet 35 cm i forhold til bunn grøft. Denne høyden ble spesielt tilpasset på prototypen da helningsforholdet på skjæringen på parsellen Massing-Ångstad er 1:1,25 – noe som er utenfor normalene og trenger spesiell godkjenning i hvert enkelt prosjekt. Ved bruk av konstruksjonen i et normalprofil med et helningsforhold i skjæringen på 1:2 eller 1:1,5 vil ikke skjæringen stige så raskt og høyden på bakveggen kan reduseres.

Bakveggens oppstikkende høyde kan medføre konflikter med trafiksikkerhet ettersom elementet er på høyde med bilens understell. Vi anser likevel ikke konstruksjonen som farlige enn forstøtningsskjold som er benyttet langs Norske veier. Forstøtningsskjoldene er også vesentlig høyere en bakveggen på inntakskonstruksjonen. Det stilles likevel spørsmål ved om kravene til 15 cm utstikkende gjenstand måles vinkelrett på skjæringen, eller vertikalt. Ved vinkelrett måling vil konstruksjonen tilfredsstille kravene.

5.2 Generell anvendelse

Konstruksjonen er i oppgaven tilpasset et normalprofil i jordskjæring med grunn sidegrøft. Vi anser det likevel ikke slik at konstruksjonens bruksevne er begrenset til denne skjæringsprofilen. Et normalprofil i bergskjæring har like størrelser for utforming av grøfteprofilen som et normalprofil i jord med grunn sidegrøft etter normalene. En viktig parameter som må hensyn tas i prosjekteringen ved stikkrenner i bergskjæring er den ekstra dypsprengingen dette medfører.

Vi anser det også som potensielt mulig å benytte konstruksjonen ved en grøfteutforming tilpasset åpent dreneringssystem. Dette medfører da at konstruksjonen og stikkrennen må settes dypere i terrenget. Normalene til utforming av grøfteprofilen ved åpen drenering bygger på samme hellingsforhold som murkronen til konstruksjonen.

5.3 Bygningsmateriale

For vår konstruksjon var det i realiteten kun betong som var aktuelt bygningsmateriale. Utfordringen ble å innskrenke konstruksjonens betongvolum til et minimum, samtidig som dens egenskaper ikke skulle svekkes. Dette for å lette håndtering og utsetting. Konstruksjonens vekt ble i underkant av 4000kg, noe som er akseptabel tyngde, og sammenlignbart med lignende produkter.

Valg av eksponeringsklasse ble XD3, som vi anså som den best beskrivende klassen etter gjeldende NS. Dette grunnet tinesaltene og eksponeringen betongkonstruksjoner kan bli utsatt for i vegkanten. Senere i prosjektet har vi gjennom fagpersonell fått opplyst at denne type betongprodukter ikke stilles så strenge krav. På prototypen ble det benyttet samme betongresept som for liknende produkter, se vedlegg 10. Etter befaringer av inntaksløsninger, må vi si oss enige i at benyttede betongreseppter absolutt er akseptable. Vi har ikke oppdaget noen stor nedbrytning grunnet kjemiske påkjenninger mot betongproduktene.

Alle fire sideveggene er blitt dimensjonert ut ifra størst mulig påkjenninger. Ut ifra beregningene er de geotekniske belastningene tilnærmet like store på alle fire sider, med frontveggen som mest utsatte. Men grunnet sideveggenes lengde er noe større enn tverrveggene blir denne utsatt for et større moment, og må dermed armeres litt tettere enn tverrveggene. Inntaksløsningens innvendige gulvkonstruksjon blir å se på som en plate på mark, og har valgt å følge samme konstruksjonsoppbygging som veggene.

5.4 Kapasitetsberegninger for inntaksløsningen

Vi delte de hydrauliske beregningene i to deler; beregningene med programmet Delfyll tilsvarte kapasiteten til røret, og den manuelle beregningen kapasiteten til inntaket. Ettersom Delfyll forutsetter full utnyttelse av rør og innløp er det grunn til å tro at disse er vel

optimistiske ved bruk av eksisterende innløpskonstruksjoner, da vi vet fra observasjoner at utnyttelsesgraden i innløpene er maks ca. 60 %.

Ved å beregne kapasiteten i prototypen kunne vi sammenlikne vannføringsresultatene mot kapasiteten i røret, og vi fikk noen interessante resultater; kapasiteten i røret ved 10 ‰ fall og 1 mm ruhet er 646 l/s mot inntakskonstruksjonens kapasitet på 763 l/s. Da ser vi at det ikke lengere er inntaket som er den begrensende faktoren, men røret. Når vi kommer opp på 20 ‰ fall i røret derimot, vil inntaket igjen være den begrensende faktoren, da rørkapasiteten er ca. 915 l/s ved full utnyttelse.

Når avleiringer med årene får satt seg i rennen og drift og vedlikehold uteblir, kommer det frem at kapasiteten reduseres kraftig. Fra 646 l/s til 455 l/s; en reduksjon på nesten 30 %. Faren for oversvømmelse ved en eventuell flom økes da betraktelig. Dette påpeker viktigheten med at drift- og vedlikehold utføres.

Det bør alltid være friskeilstrømning i innløpet ved dimensjonerende vannføring for å hindre opphopning av gjenstander. Ved dimensjonerende vannføring vil det iht. beregninger av Froudes tall for fylt og delfylt rør være strømningstype 1, så sant ikke hele rørets tverrsnitt utnyttes fullt; da vil vi ha strømningstype 2. Når reservekapasiteten utnyttes vil strømningsbildet endre seg til strømningstype 4 med underkritisk strømning i henhold til *kapittel 2.8.1 Vannstrømning*, mens beregninger av Froudes tall viser overkritisk strømning. Dette bør undersøkes nærmere ved observasjoner av prototypen.

5.4.1 Turbulensens innvirkning på selvrens

Det er grunn til å tro at det vil oppstå noe turbulens i inntaket – derav noe redusert selvrens – da vannmassene treffer den loddrette veggen mellom innløpet til stikkrennen. Dette på grunn av at vannmassene og sedimentene får en bråstopp og må bevege seg langs frontveggen, 90° på stikkrennens lengderetning. Et tiltak til dette vil kunne være å avrunde innløpet til stikkrennen – eller med andre ord; lage det mer trompet utformet. Dette vil også medføre en kapasitetsøkning i selve konstruksjonen jf. formel for kapasitetsberegning av hydraulisk kort kulvert. Dette ble ikke vektlagt ved prototypen, men dersom konstruksjonen blir en suksess vil det bli produsert en systemforskaling av stål med en slik utforming av innløpet.

5.5 Produktutvikling og markedsbehov

Ut i fra stipulert markedsanalyse hvor det er hensyntatt høy-, og lav verdi for solgte enheter, har vi kommet frem til at det er et marked for produktet. Dette med bakgrunn i studerte befaringsrapporter, samt møter med interesseparter. Vi anser det som sannsynlig at det vil bli progresjon i salget hvert år de 5 første årene, grunnet det tar litt tid med innarbeidelse i markedet. Et eventuelt salg utover Norge er ikke tatt med i betraktningen, men kan være en aktuell tanke med tiden.

For videre produksjonsprosess finnes det flere modeller å følge. En modell er å stå for all satsingen selv, noe som sannsynligvis vil kunne gi den høyeste avkastning pr. solgte enhet. Det vil dog være en enorm prosess som krever store investeringer, skal man kunne hevde seg i bransjen.

Den kanskje sikreste modellen, vil i dette tilfelle være å selge produktideen direkte til en anerkjent aktør innen bransjen. En kundegruppe vil kunne ha større tillitt til en veletablert aktør, som dermed vil ha størst sannsynlighet for å oppnå et høyest mulig antall solgte enheter.

5.6 Rasjonell og økonomisk gunstig løsning

Ut ifra kostnadssommene på de forskjellige løsningene er mur en lite ønskelig løsning. Ekstra utgraving av masse med kjøring til deponi gir ikke de store utslagene i våre beregninger, ei heller plastring av skjæringen. Allikevel kommer vår løsning best ut i denne sammenligningen. Ved skjæring så bratt at tiltak må iverksettes, vil ny type inntaksløsning være den kostnadmessige mest lønnsomme å benytte, selv uten tanke på besparelsene som kan forventes med drift- og vedlikehold – som igjen kan gi positiv økonomi ved reduserte ødeleggelser etter flom.

En kost-nytte analyse ville gitt resultater med større troverdighet, men denne måtte da ha gått over en lengre periode, hvor alle årstider hadde inngått.

5.7 Drift- og vedlikeholds reduserende løsning

Det er svært viktig at et dimensjonert dreneringssystem skal fungere i de vær- og klimaforhold det blir utsatt for året igjennom, og i hele vegens levetid. Vi mener at konstruksjonen er godt prosjektert for drift og vedlikehold med tanke på dens store lysåpning i innløpet, ristens sorteringsevne av sediment og vegetasjon samt egenskapene med selvrens. Med riktig spalteavstand mellom ristspilene oppnås sortering; vegetasjon renner over risten, mens mindre sedimenter renner ned i inntaket, og gjennom stikkrennen. Likevel mener vi at det bør utarbeides en inspeksjon-, drift- og vedlikeholdsplan for konstruksjonen. Planen bør baseres på steds erfaringer angående erosjon som fører til masseførende tilrenning, med påfølgende fare for gjentetting. Beregningene viser en ganske høy vannføring for oppnåelse av selvrens; 208 l/s ved 10 ‰ fall. Dvs. ved denne vannføringen vil ha oppsamlede sedimenter i stikkrennen vaskes bort. Over tid vil også sedimenter gro fast på rennen – spesielt om det er langt tidsintervall mellom de større vannføringene. Ved å fremvise et resultat med høy ruhet (fig.21) fremkommer viktigheten med drift og vedlikehold.

Selv om konstruksjonen er godt prosjektert for drift og vedlikehold kan tiltak oppstrøms i grøft for inntaket være en egnet løsning for ekstra sikkerhet. For å hindre at omkringliggende terreng å erodere med vannstrømmen og ned i inntaksløsningen kan plastringstiltak 5-10 meter oppstrøms i grøften være et bra tiltak. Vår anbefaling for utforming av plastring er vist på tegning K03A (vedlegg 8). Det anbefales også at det plastres nedstrøms stikkrenne iht. tabell 5 i teorikapittelet. Uavhengig av inntaksløsning kan tiltak oppstrøms grøft for stikkrenneinntak være med på å redusere faren for gjentetting.

For ytterligere reduksjon av belastningen overflatevannet kan gjøre på skjæringen i utsatte områder, er vår vurdering at drenering av vegens sideområder bør kombineres med terrenggrøft og plastrede nedføringsrenner. Dette for kontrollert nedføring av vannet til en lukket drensgrøft, og videre kjerneborre dreneringsledningen inn i inntakskonstruksjonen, for så å føre vannstrømmen ut gjennom stikkrennen.

6 Konklusjon

Konstruksjonen er planlagt, prosjektert og bygget for å muliggjøre full utnyttelse av stikkrennens kapasitet ved 10 ‰ fall gjennom rennen. Selvrens oppnås av ristens egenskaper som sorterer vannstrømmens medfølgende sedimenter ned i innløpet, og vegetasjon over og forbi inntaket. Selvrens oppnås også inn i stikkrennen ved at konstruksjonens hellende bunnplate akselererer vannstrømmen- og sedimentenes hastighet gjennom innløpet.

Konstruksjonens store lysåpning i inntaket sikrer god kapasitet selv ved delvis gjentetting, noe som reduserer behovet for vedlikehold. Sammen med dens reservekapasitet gjør dette konstruksjonen meget godt rustet mot ekstreme vannføringer.

Konstruksjonens utforming til grøfteprofilen gjør den meget plassbesparende, så masseuttaket i skjæringen reduseres og vegens bredde beholdes. Dens utforming, samt prefabrikking bidrar videre til rasjonell- og økonomisk anleggsdrift i utsettingsfasen, spesielt ved sidebratt terreng.

Stipulert markedsanalyse fastslår et behov for inntaksløsningen langs veger i sidebratt terreng med lukket drenering, men ved fremvisning av positive testresultater anslås et økende bruksområde og betydelig større marked.

7 Diskusjon

De resultater som foreligger besvarer problemstillingen godt, dette mtp. utførte målinger undervegs i utarbeidelsesfasen, samt positive tilbakemeldinger. Men et viktig moment er at det ennå ikke er oppnådd noen resultatmålinger i felt, for inntakskonstruksjonens kapasitet, eller drift- og vedlikehold.

Rapporter fra tidligere hendelsesforløp underbygger viktigheten og behovet for en robust inntaksløsning til stikkrenner. Dermed vil en benyttelse av konstruksjonen kunne gi positive samfunnsøkonomiske gevinster, ved at ødeleggelsene ved flomkatastrofer kan reduseres.

Vi vurderer studiet som troverdig, men problemstillingen kun som delvis løst. Da forholdene denne våren ikke har ligget til rette for innhenting av alle målbare resultater ved utsatt prototype.

7.1 Veien videre

Som forslag til videre forskning oppfordres det til oppfølging av utsatt prototype, ved å innhente resultater ved observasjoner og målinger. Resultatinnhenting bør utføres både ved store vannføringer og flom, men også ved normal tilstand. Viktige målinger bør sammenlignes med beregnet kapasitet, og hvorvidt oppnåelse av selvreis eksisterer. For å bedre grunnlaget for målte resultater, vil målinger fra utsette prototyper i andre terrengsituasjoner være positivt.

Gjenstående resultatinnhenting kan også gjennomføres ved testing av konstruksjonen i vassdragslaboratoriet ved NTNU. Etter samtaler med NIFS kan de være med på å støtte et slikt prosjekt.

Ved en eventuell senere mengdeproduksjon av inntaksløsningen, vil det være nødvendig å se videre på mulighetene for å effektivisere produksjonen, spesielt alternative forskalingsmetoder. Kriterier bør være full gjenbruksverdi med lang levetid, samt tidseffektiv produksjonsprosess.

7.2 Oppgaven satt i perspektiv



Bilde 18 Inntak for overvann på Mallorca i Spania (Foto: Per Arne Kolseth)

For å sette oppgaven litt i perspektiv har vi tatt med et bilde av hvordan de utformer sine inntak i grøft til overvannsledning i Spania. Dimensjonen på dette inntaket er ca. 2,0 x 1,5 meter, med stor spalteåpning i inntaksristen. I følge yr.no har Mallorca 51 nedbørsdager pr. år, mens vi til sammenlikning i innlands Norge har ca. 100 dager pr. år med nedbør ifølge Store Norske Leksikon. (Yr.no 2014) (Leksikon 2014)

Litteraturliste

- Hoseth, Sæterbø, Fergus (2010) Vassdragshåndboka: Tapir Akademisk Forlag.
- Hestangen, Nguyen, Flesjø (2010) Pilotprosjekt på stikkrenner E136 Dombås - Ålesund. I.
- Innovasjon Norge, (2014) [online] Innovasjon Norge URL: <http://innovasjonnorge.no/no/grunder/>.
- Karlsen, J. (2011) Geoteknikkboka: Byggesaken.no.
- Leksikon, S. N. (2014) [online] Store Norske Leksikon. URL: http://meta.snl.no/Store_norske_leksikon.
- Myrabø, S. (2013) Befaringsrapport etter flomskadene i 2013. I.
- NIFS (2012) Naturfare, Infrastruktur, Flom, Skred. [online]. URL: <http://www.naturfare.no/>.
- Norge, S. (2008) NS-EN 1990:2002+NA2008 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner: Standard Norge.
- Gjerp, Opsahl, Smeplass (2004) Grunnleggende betongteknologi: Byggenæringens forlag.
- Tore Walter Ruud, J. T. (2002) Mester i ledelse og markedsføring: Gyldedal forlag.
- Vegdirektoratet (2007) Håndbok 139 Tegningsgrunnlag: Statens vegvesen.
- Vegdirektoratet (2009) Håndbok 185 Bruprosjektering: Statens vegvesen.
- Vegdirektoratet (2010a) Håndbok 018 Vegbygging: Statens vegvesen.
- Vegdirektoratet (2010b) Håndbok 016 Geoteknikk i vegbygging: Statens vegvesen.
- Vegdirektoratet (2012a) Håndbok 026 Prosesskode 2. I: Statens vegvesen.
- Vegdirektoratet (2012b) Håndbok 111 Drift og vedlikehold av riksveger: Statens vegvesen.
- Vegdirektoratet (2013a) Håndbok 017 Veg- og gateutforming: Statens vegvesen.
- Vegdirektoratet (2013b) Håndbok 231 Rekkverk og vegens sideområder: Statens vegvesen.
- vegvesen, S. (2013) Reguleringsplan Graupe - Ångstad: Statens vegvesen.
- Yr.no (2014) [online] NRK, Meteorologisk Institutt. URL: Yr.no.