

Thesis 326

Vatten i vägkonstruktioner

En analys av brister och åtgärder

Sara Razzaq Tchekhim

Trafik och Väg
Institutionen för Teknik och Samhälle
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet



Copyright © Sara Razzaq Tchechim

LTH, Institutionen för Teknik och samhälle

CODEN: LUTVDG/(TVTT-5293)/1-56/2019

ISSN 1653-1922

Tryckt i Sverige av Media-Tryck, Lunds universitet

Lund 2019

Examensarbete

CODEN: LUTVDG/(TVTT-5293)/1-
56/2019

Thesis / Lunds Tekniska Högskola,
Institutionen för Teknik och samhälle,
Trafik och väg, 326

ISSN 1653-1922

Author(s): Sara Razzaq Tchekhim
Title: Vatten i vägkonstruktioner
English title: Water in road constructions
Language: Svenska
Year: 2019
Keywords: Vägkonstruktion; vattenskada; projektering; produktion; drift-
och underhåll
Citation: Sara Razzaq Tchekhim, Vatten i vägkonstruktioner. Lund,
Lunds universitet, LTH, Institutionen för Teknik och samhälle.
Trafik och väg 2019. Thesis. 326

Abstract:

A road goes through three important stages, *Design, Production, Running operation and Maintenance*. Inadequate implementation of these stages can lead to high water levels at the road construction site, which in turn can affect the function of the road and shorten its lifespan. The study observes the problems that can arise from the presence of water in road construction and common shortcomings during the stages *Design, Production, Running operation and Maintenance*. It's limited to only cover general roads that are built according to Swedish requirements and advice. The results, based on interviews with representatives from road and drainage design, constructors and experts within running operation and maintenance, show that all the stages in road construction are dependent on each other and that shortcomings in either stage can affect later stages. The results also show that *Running operation and Maintenance* is considered to be the most critical stage when it comes to trouble with water.

Trafik och väg
Institutionen för Teknik och samhälle
Lunds Tekniska Högskola, LTH
Lunds Universitet
Box 118, 221 00 LUND

Transport and Roads
Department of Technology and Society
Faculty of Engineering, LTH
Lund University
Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

Innehållsförteckning

Förord	1
Sammanfattning	3
Summary	5
Benämningar	7
1. Inledning	11
1.1 Bakgrund	11
1.2 Syfte	12
1.3 Metod	12
1.4 Hypotes	12
1.5 Avgränsning	13
1.6 Rapportens disposition	13
2. Litteraturstudie och Teori	14
2.1 Gällande krav och råd	14
2.1.1 Vägyta	15
2.1.2 Överbyggnad	15
2.1.3 Undergrund	16
2.1.4 Slänter	16
2.1.5 Dike	16
2.1.6 Ledningar	18
2.1.7 Trummor	19
2.2 Skador i vägkonstruktionen orsakade av vatten	20
2.2.1 Tjälskador	20
2.2.2 Sprickbildning	23
2.3 Drift- och underhåll	23
3. Utförande	25
4. Resultat	26
4.1 Projektering	26

4.1.1	Förarbete	26
4.1.1.1	<i>Viktiga delar i förarbetet</i>	27
4.1.2	Prioritering av vattenfrågor	27
4.1.3	Krav och undantag	27
4.1.4	Avgörande för vägens livslängd	28
4.1.5	Dike	28
4.1.6	Ledningar	30
4.1.7	Kommunikation	30
4.2	Produktion	31
4.2.1	Gamla och nya vägar	31
4.2.2	Förekomst av vatten	32
4.2.3	Vanliga problem på avvattnings- och dräneringssystemet	32
4.2.4	Bästa byggtiden	33
4.2.5	Entreprenadform	33
4.2.6	Regelbundna kontroller	33
4.2.7	Erfarenhetsåterföring	34
4.3	Drift och underhåll	34
4.3.1	Problem orsakade av vatten	34
4.3.2	Styrning av underhållsarbetet	35
4.3.3	Åtgärdsarbetet	35
4.3.4	Åtgärdstiden	36
4.3.5	Misslyckat åtgärdsarbete	36
4.3.6	Inventering av vägar	37
4.4	Sammanfattande resultat – anledning till uppkomst av brister	38
5.	Diskussion och slutsatser	39
5.1	Resultatdiskussion	39
5.2	Metoddiskussion	41
5.3	Slutsatser	41
5.3.1	Rekommendationer	42
	Referenser	43
6.	Bilagor	45
6.1	Bilaga A	45
6.2	Bilaga B	47
6.3	Bilaga C	48

Förord

Detta examensarbete utgör sista delen i Civilingenjörsprogrammet vid Lunds tekniska högskola (LTH), på institutionen för väg- och vattenbyggnad, avdelningen för trafik och väg, i samarbete med Sweco Civil AB.

Ett stort tack till min handledare på Lunds tekniska högskola Sven Agardh, lektor vid avdelningen för vägbyggnad, LTH, min handledare på Sweco Civil AB uppdragsledaren Christina Lindberg, min examinator Ebrahim Parhamifar, lektor vid avdelningen för vägbyggnad, LTH, gruppchef Jonas Svensson på Sweco Civil AB, alla ni som ställde upp på intervju samt min fina familj. Ett stort tack till er alla som gjorde detta arbete möjligt med er hjälp och ert stöd.

Lund, April 2019

Sammanfattning

Vatten, både i flytande- och fast form, anses vara en av de stora riskerna till uppkomst av skador på vägar. Det kan nå vägkonstruktionen redan under byggskedet eller i ett senare skede, vilket ställer stora krav på att hålla det borta från vägkroppen för att eliminera risken för uppkomst av följdproblem. En väg genomgår tre viktiga faser, *Projektering*, *Produktion* samt *Drift- och underhåll*. Bristfällig genomförande under en eller flera av dessa faser kan medföra höga vattenhalter i vägkonstruktionen som i sin tur kan påverka vägens funktion och förkorta dess livslängd.

Syftet med studien är att kartlägga problematiken med vatten i en vägkonstruktion samt identifiera vanligt förekommande brister i *projekteringen*, *produktionen* samt *drift- och underhållsarbetet*. Åtgärder föreslås för att eliminera dessa risker i ett tidigt skede. Studien avgränsas till att endast omfatta allmänna belagda vägar byggda enligt dagens svenska gällande krav och råd. Den inleds med en litteraturstudie som behandlar bland annat avvattnings- och dräneringssystemets olika komponenter och de brister som kan förekomma. Identifieringen av problemen görs även med hjälp av intervjuer med representanter från projektörer, entreprenörer och experter inom drift- och underhållsarbetet och som utgör resultatdelen av rapporten.

Resultatet visar att samtliga faser för en väg är beroende av varandra och brister i en av dessa kan påverka resterande faser. Dock anses det att drift- och underhållsfasen är den mest kritiska fasen för en väg vad gäller uppkomst av vattenproblem. Det är därför av stor vikt att avvattnings- och dräneringssystemet kontrolleras innan det lämnas över till nästa fas, att ett löpande underhåll av vägen genomförs samt att korrekta åtgärdsbeslut fattas vid rätt tidpunkt.

Summary

Water, both as a liquid and solid, is considered to be one of the major hazards that can give rise to damages on the road. It can affect the road during the construction stage but also at a later stage, which places a great demand on keeping water away from roads in order to eliminate the risks of secondary problems. A road goes through three important stages, *Design, Production, Running operation and Maintenance*. Inadequate implementation of these stages can lead to high water levels at the road construction site, which in turn can affect the function of the road and shorten its lifespan.

The objective of this study is to map the problems that can arise from the presence of water in road construction and common shortcomings during the stages design, production, running operation and maintenance. Adequate measures are suggested that can eliminate these risks at an early stage. The study is limited to only cover general roads that are built according to Swedish requirements and advice. The study is introduced with a literature study that deals with the components of a drainage system and its deficiencies. The identification of problems is done using interviews with representatives from road and drainage design, constructors and experts within running operation and maintenance. The results are based on information from the same source.

The results show that all of the stages in road construction are dependent on each other and that shortcomings in either stage can affect later stages. However, running operation and maintenance is considered to be the most critical stage when it comes to trouble with water. It is therefore important that drainage systems are controlled before the commencement of a later stage, that maintenance of the road is implemented continuously, and that the correct measures are taken at the correct time.

Benämningar

AMA	Allmän material- och arbetsbeskrivning, som är en samling av projekterings- och utförandestandarder som är frivilliga att använda, dock blir de bindande ifall de anges i avtalet.
Avvattning	Uppsamling samt avledning av ytvatten.
Belagd väg	En väg som är försedd med ett cement- eller bitumenbundet slitlager eller bärlager.
Beläggning	Cement- eller bitumenbundet slitlager, bindlager eller bärlager (Trafikverket, 2011a).
Dagvatten	Ytavrinnande vatten från regn och snösmältning.
Dike	En anordning längs en väg, åker eller en järnväg som avvattnar, dränerar och bortför överskottsvatten.
Dränering	Uppsamling samt avledning av grundvatten och infiltrerat vatten.
Dränvatten	Regn, snösmältning, grundvatten samt infiltrerat vatten som trängt upp i vägkonstruktionen och som leds ut via dränering.
Funktionstiden	Den tid då vägen är beräknad att uppnå full funktion.
Grundvatten	Vatten som finns under jordytan och som fyller hålrummen mellan jordpartiklarna.
Högsta högvattenföring (HHQ)	Det högsta vattenflödet som uppkommer på en plats (SMHI, 2018).
Högsta högvattenstånd (HHW)	Den högsta vattennivån som uppkommer på en viss plats i jämförelse med angränsande område (SMHI, 2018).
Innerslänt	Slänt som ligger innanför diket.
Ledning	En anordning, vanligtvis i form av rör, som avleder vätska.
Plastfilterdrän	Anordning för omhändertagande av dränvatten genom ett vertikalt eller lutande dränerande skikt som kan stå i förbindelse med ett perforerat rör (Vägverket, 2005).

PMS-Objekt	Ett verktyg som används för att dimensionera en vägöverbyggnad enligt gällande krav i TRVK Väg.
Referenshastighet (VR)	Anger högsta tillåtna hastighet på en väg (Trafikverket, 2011a).
Sidosprickor	Längsgående sprickor på sidan av vägen.
Skevning	Enkelsidigt tvärfall i kurva.
Slänt	Lutande mark mellan befintlig mark och väg respektive dike.
SMHI	Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, en statlig myndighet som anses vara ett expertorgan inom klimatologi, meteorologi, oceanografi samt hydrologi (SMHI, 2018).
Sättning	Nedsjunkning av marknivån orsakad bland annat av bristande byggkvalité, förändrad grundvattennivå eller besvärliga grundförhållande (Wågberg, 2003).
Terrassyta	Gränsen mellan överbyggnaden och underbyggnaden eller överbyggnaden och undergrunden.
Tjällyftning	Tjäle bildas då vattnet i vägen fryser till is och expanderar, vilket orsakar en lyft i marken (Wågberg, 2003).
Trumma	En jordöverfylld anordning som har ett öppet in-och utlopp, den är vanligtvis i form av rör och är avsedd för att leda vatten genom eller förbi en vägkonstruktion.
TRVK Väg	Ett styrande dokument som innehåller trafikverkets krav för dimensionering och utformning av vägöverbyggnaden och dräneringssystemet (Trafikverket, 2011a).
TRVR Väg	Ett styrande dokument som innehåller trafikverkets råd för dimensionering och utformning av vägöverbyggnaden och dräneringssystemet (Trafikverket, 2011b).
Tvärfall	Vägbanans lutning i tvärled. Kan vara både enkelsidig eller dubbelsidig.
Undergrund	Underliggande mark som tar emot belastningen från ovanliggande konstruktion.
Underhåll	Åtgärder och förbättringar som kan återföra eller bibehålla önskade egenskaper i en anläggning eller en konstruktion (Trafikverket, 2011a).
Utskiftning	Tjällyftande jord grävs upp och ersätts med icke tjällyftande jord (Trafikverket, 2011a).

Utspetsning	Övergången mellan terrass och utskiftningen med homogena förhållande. Kan även förekomma vid övergång mellan jordarter med olika tjälfarlighetsklasser eller mellan berg och jord. För att utjämna tjällyftningar sker även utgrävning av mark och påfyllning med icke tjälfarlig jord (Trafikverket, 2011a).
Vattendrag	Exempelvis en bäck, å eller dike som är vattenförande under hela året (Vägverket, 2005).
VGU	Vägars och gator utformning, styrande dokument som Trafikverket tillsammans med Sveriges kommuner och Landsting har tagit fram. De innehåller gällande krav och råd för utformning av vägar och gator i Sverige (Trafikverket, 2015a) (Trafikverket, 2015b).
Väg 94	Äldre publikation med vägverkets krav på vägar.
Vägkonstruktion	Här ingår vägkropp inklusive undergrund, diken, slänter, avvattningsanordningar samt andra komponenter.
Vägkropp	Här ingår både överbyggnaden och underbyggnaden.
Ytterslänt	Slänt som är utanför vägkroppen.
ÅDT	Årsdygnstrafik, medeltrafiken per dygn för ett visst år, anges i fordon per dygn.
Överbyggnad	Översta delen av vägkonstruktionen som ligger ovanför terrassnivån.

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Dagens vägtransportsystem är en viktig förbindelse för infrastrukturen både på lokal, regional, nationell och internationell nivå. För att åstadkomma ett säkert och tryggt vägtransportsystem är det viktigt att säkerställa att vägarna uppfyller sin funktion med minimala brister.

Vatten anses vara en stor riskfaktor för vägar, både i flytande och fast form (Trafikverket, 2018). Det kan nå vägkonstruktionen på flera olika sätt, genom att falla som regn, ta sig upp från grundvattnet eller rinna in från omkringliggande sjöar och bäckar. Vatten kan nå vägkonstruktionen redan under byggskedet eller i ett senare skede. Därför är det viktigt att alltid hålla vattnet borta från väggroppen för att undvika att följdproblem uppstår. En väg genomgår tre viktiga faser, *Projektering*, *Produktion* samt *Drift- och underhåll*. De beslut som tas och åtgärder som görs under allas dessa tre faser kan spela en stor roll för vägens funktion och livslängd.

Projekteringen av vägen och dess sidoområden sker med avseende på gällande regelverk och riktlinjer för att åstadkomma en säker väg med minimala risker för problem. Vägen ska projekteras på ett sådant sätt att vatteninfiltration försvåras och vattenavrinning förenklas med exempelvis rätt lutning på väggroppen, korrekt utformade diken samt rätt placering på trummor och brunnar (Wågberg, 2003).

Under produktionskedet är det viktigt att hålla vägkonstruktionen vattenfri, dock är inte detta alltid möjligt. Vägar som byggs vintertid kan drabbas av bland annat sättningar orsakade av vattenmättat och tjälat material (Wågberg, 2003).

Löpande drift och underhåll ska genomföras på vägen för att minimera utvecklingen av vattenskador. För att dräneringssystemet ska uppfylla sin funktion är det viktigt att det kontrolleras och åtgärdas vid till exempel förekomst av växtlighet, nedfallna grenar och löv, skräp eller andra föremål som kan förhindra vattenavrinningen (Wågberg, 2003).

Brister i projekteringen, produktionen eller i drift- och underhållet kan medföra höga vattenhalter i vägkonstruktionen som i sin tur kan resultera i exempelvis tjällyftning, sättningar och deformationer vilket kan försämra bärigheten och förkorta vägens livslängd. För att minska risken för skador på vägar orsakade av vatten är det viktigt att eliminera risken för uppkomst av vatten under produktionen av vägen och att genomföra ett löpande underhåll av vägen samt fatta korrekta åtgärdsbeslut vid rätt tidpunkt (Wågberg, 2003).

1.2 Syfte

Syftet med studien är att kartlägga problematiken med vatten i en vägkonstruktion. Vanligt förekommande brister i *projekteringen, produktionen* samt *drift- och underhållsarbetet* ska identifieras. Åtgärder ska föreslås för att eliminera dessa risker i ett tidigt skede.

1.3 Metod

Examensarbetet kommer att inledas med en litteraturstudie som ger ett underlag för arbetet. Gällande krav och riktlinjer för allmänna vägars avvattnings- och dräneringssystem kommer att studeras. En analys för de nämnvärda vattenskadorna orsakade av bristfällig projektering, produktion samt drift- och underhåll kommer att göras. Kartläggning av problembilden kommer bland annat att göras med hjälp av intervjuer med representanter från projektörer, entreprenörer och experter inom drift- och underhållsarbete. Intervjufrågorna kommer att inrikta sig på att identifiera problematiken med förekomst av vatten i vägkonstruktionen. När och hur vattenskadorna uppstår, vilka konsekvenser skadorna får samt om det är möjligt att åtgärda eller undvika dem och dessa följdproblem i ett tidigt skede.

Fokus kommer även att läggas på att diskutera de gällande kraven och om de ger en optimal utformning med avseende på vattenproblematiken. För samtliga faser kommer det att analyseras om möjligheter finns till att ta fram checklistor som kan användas som stöd av projektör, entreprenör och drift- och underhållspersonal under respektive fas. Ifall möjligheten finns, ska en sådan checklista upprättas för samtliga faser.

1.4 Hypotes

Av de tre viktigaste faserna för en väg förväntas det att produktionsfasen är den mest kritiska och där flest problem och brister kan uppkomma. Detta på grund av att många yttre faktorer, som exempelvis vädret, kan försämra slutresultatet och som i vissa fall inte kan påverkas även då produktionen genomförs enligt planeringen. I andra hand förväntas det att drift- och underhållsfasen ska ha följdproblem orsakade av bristande drift- och underhållsåtgärder då detta kan kräva noggrannare och regelbundna inventeringar än vad man förväntar sig, då naturens påverkan på en väg inte kan förutsägas. Problemen kan även uppstå till följd av att viktiga dräneringskomponenter glöms bort och inventeringar inte görs i god tid.

Anledningen till att projekteringsfasen förväntas ge mindre brister är för att man, till skillnad från produktion och drift- och underhåll, kan förhålla sig till föreskrifter som underlättar projekteringen och ger stor säkerhetsmarginal för eventuellt förekommande problem orsakade av naturliga förändringar.

1.5 Avgränsning

Studien avgränsas till att endast omfatta allmänna belagda vägar. Cykelvägar och enskilda vägar är således inte studerade. De sektioner som diskuteras är endast vägsektioner som inte har en anslutning till broar, tunnlar eller andra avvikande sektioner från en standardvägsektion. Endast svenska gällande krav och råd beaktas i detta examensarbete. I intervjudelen av examensarbetet deltar tre vägprojektörer, en VA-projektör, två entreprenörer och tre drift-och underhållsexperter.

1.6 Rapportens disposition

Kapitel 1: Beskrivning av utgångsläget för arbetet med bakgrundsfakta och identifiering av problematiken. För att skapa en bättre uppfattning av rapporten presenteras även syfte, metod, hypoteser och avgränsningar.

Kapitel 2: Litteraturstudien och teoridelen innehåller fakta om bland annat gällande krav och regler för vägars avvattnings- och dräneringssystem, vanligt förekommande skador orsakade av vatten samt allmän information om drift- och underhållsarbetet.

Kapitel 3: Beskrivning av tillvägagångssättet av intervjuerna samt vilka aktörer som har medverkat i dem.

Kapitel 4: I resultatkapitlet presenteras all insamlad information från respektive intervju. Kapitlet är indelat i tre delar där varje del beskriver en fas i processen.

Kapitel 5: Diskussion och slutsatser med anknytning till resultat och hypoteserna. Rekommendationer för vidare studier presenteras i slutet av detta kapitel.

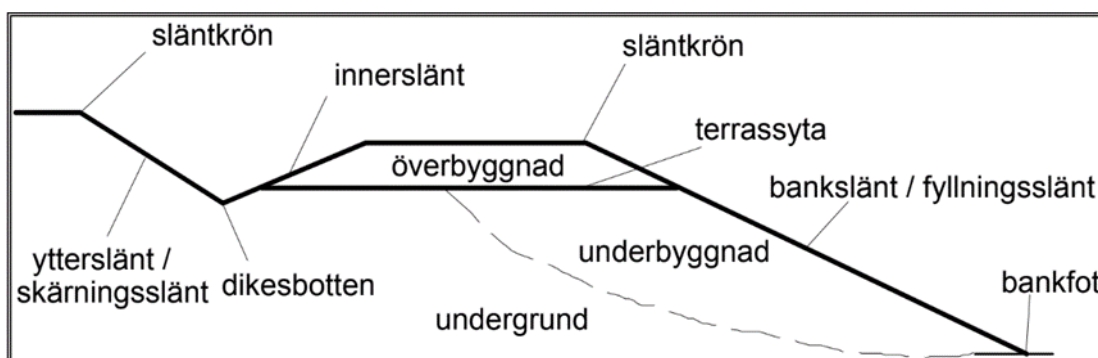
2. Litteraturstudie och Teori

Ett avvattnings- och dräneringssystem ska dimensioneras på ett sådant sätt att uppsamling och avledning av vatten från vägen ska underlättas och att drift, underhåll samt reparation ska möjliggöras. Detta för att eliminera risken för översvämningar, skador på vägdräneringssystemet och andra känsliga miljöer samt förhindra skadlig grundvattennivåförändring (Trafikverket, 2015a).

En vägs avvattnings- och dräneringsförmåga beror bland annat av vägens utformning, material, släntlutning, ledningar, dike, trummor och brunnar. Under projekteringsfasen ska dimensioneringen göras så att alla dessa komponenter får rätt utformning som följer gällande krav samt passar vägen och omkringliggande miljö. Under produktionsfasen ska byggande och placering av avvattnings- och dräneringssystemet följa de ritningar som upprättats utifrån gällande krav. När vägen är färdigbyggd och är tagen i drift ska ett löpande underhållsarbete genomföras på vägen och dess avvattnings- och dräneringssystem.

2.1 Gällande krav och råd

Vägens avvattningsystem ska möjliggöra vattenavrinningen från vägytan, medan dess dräneringssystem ska underlätta vattenavrinningen ut ur vägkonstruktionen, utan att dess bärighetsegenskaper försämras. Nedan beskrivs gällande svenska krav och råd för avvattnings- och dräneringssystem på belagda vägar. *Figur 1* beskriver vägkroppens uppdelning som ligger till grund för fördelningen av nedanstående information.



Figur 1. Vägkonstruktionens fördelning (Trafikverket, 2011a).

2.1.1 Vägyta

Vägens linjeföring, lutning, ojämnheter och tvärfall har stor betydelse på ytvattenavrinningsens effektivitet. Redan under projekteringskedet bör dessa beaktas för att säkerställa att regnvatten rinner bort från vägytan till väggkanten och att vatten i överbyggnaden dräneras ut till diken. Det är viktigt att ytvatten leds snabbt och säkert bort från beläggningen för att eliminera risken för infiltration till de obundna lagren. Detta är särskilt problematiskt på lågtrafikerade vägar, där stående vatten på beläggningssytan inte körs bort av passerande trafik. En god ytvattenavrinning kan åstadkommas med en god kombination av jämn beläggningssyta och rätt tvärfall på vägen. Trots förekomst av mindre ojämnheter, kan ytvattenavrinningen vara god vid dimensionering av rätt tvärfall (Wågberg, 2003). Kravet för ett väl fungerande avvattningsystem anses vara uppfyllt då det vid regn inte förekommer några vattensamlingar med större djup än 5 millimeter på vägytan samt att diken och ledningar ska ha dimensionerats enligt gällande krav (Trafikverket, 2011a).

Vid dimensionering av vägens tvärfall ska man utgå från funktionstiden, vägtypen, förekommande trafik samt andra krav som väghållaren kan ställa (Trafikverket, 2011a). Tvärfall ska vara enkelsidigt där endast enkelriktad trafik förekommer, oberoende om det är en enfältig-, tvåfältig- eller flerfältig vägbana. Det kan antingen vara enkelsidigt- eller dubbelsidigt tvärfall på enfältiga vägar som har dubbelriktad trafik. Däremot ska tvärfallet vara dubbelsidigt på två- eller flerfältiga vägar med dubbelriktad trafik. Storleken på tvärfallet på en raksträcka är beroende på vilken beläggningstyp vägen har, exempelvis ska asfalterade vägar förses med 2,5 % tvärfall. När det gäller horisontalkurvor på vägen, är tvärfallet beroende på vilken referenshastighet vägen har och om skevning förekommer eller inte (Trafikverket, 2015a).

2.1.2 Överbyggnad

Tjockleken på överbyggnaden bestäms utifrån olika faktorer, exempelvis trafikmängd, andel tunga fordon, men även terrängens materialtyp och klimatzon som kan ha stor påverkan när det gäller dränering och risk för tjällyftningar (Trafikverket, 2011a). Först dimensioneras vägen med avseende på trafiklasten och därefter med avseende på tjällyftning, där den största överbyggnadstjockleken väljs (Granhage, 2009). Relevanta program och dokument som kan användas vid bestämning av lagertjocklekar i en vägöverbyggnad, med avseende på vägavvattnings- och tjälproblem, är PMS-Objekt och TRVMB 301. Vid bestämning av beläggningstyp och materialval av samtliga lager i vägkonstruktionen utgår man från TRVR Väg och TRVKB Bitumenbundna lager (Trafikverket, 2011a).

Det måste säkerställas att materialen i överbyggnaden inte är tjällyftande. Därför utgår man ifrån att de naturliga jordarterna är indelade i fyra tjälfarlighetsklasser. Klass 1, som tillhör icke-tjälfarligt jord, består till största del av grovkornig jord av materialtyp 2. Storleken på tjällyftningar och uppmjukning efter tjällossningen i dessa jordarter är obetydliga. Till klass 2 hör de något tjälfarliga jordarterna. Här ingår en del grovkornig samt blandkornig jord av materialtyp 3B. Jordarter som tillhör denna klass kännetecknas av att tjällyftningen och uppmjukningen efter tjällossningen är liten. I klass 3 ingår måttligt tjälfarligt jord av materialtyp 4A och B. Till tjälfarlighetsklass 4 hör de mycket tjälfarliga jordarterna, där i

princip majoriteten av dem är siltiga jordarter som tillhör materialtyp 5 (Trafikverket, 2011a).

2.1.3 Undergrund

Dränering av undergrunden anses vara nödvändig då exempelvis vägen befinner sig i en djup skärning på finkornig jordyta, då den har en brant längslutning eller då vägen är placerad i uppströmssidan i sidolutande område. Detta på grund av ökad risk för vattenansamling och infiltration från ytan ner till undergrunden. Det huvudsakliga målet med dränering av undergrunden är att hålla grundvattennivån minst 0,5 meter under terrassytan. På grund av variationen i undergrundsförhållanden, är generella dimensioneringskrav svåra att sätta, dock kan en del tumregler utnyttjas. Undergrunden kan dräneras med antingen dränledning eller plastfilterdrän. Dräneringssystemet bör läggas minst 1,0 meter under terrassytan, dock är det fördelaktigt att det läggs på 1,5 – 2,9 meter nivå om det är tekniskt möjligt. Detta för att säkerställa en minimal risk för kritisk grundvattenhöjning (Trafikverket, 2011b).

2.1.4 Slänter

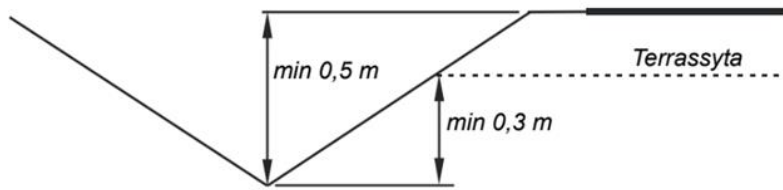
För att säkerställa att vatten som leds ut genom vägens innerslänter dräneras bort, kan innerslänterna antingen bestå av permeabelt material eller dränerande slitsar som är permeabla. Dränerande slitsar är en vanligt förekommande åtgärd på gamla vägar vars innerslänter med tiden blivit täta och vattnet inte kan dräneras ut från överbyggnaden. Istället för att byta ut allt material på innerslätten, kan cirka 0,5–1 meter av innerslätten grävas ut och ersättas med dränerande material. Detta genomförs med jämna mellanrum, med cirka 15–20 meters avstånd. På så sätt kan allt instängt vatten dräneras ut från överbyggnaden (Trafikverket, 2011a).

Dräneringen kan även ske med hjälp av dränledningar som installeras vart tjugonde meter i vägens längdriktning. Utformningen av en slänt är beroende på ställda standardkrav på vägen. Slänlutningen beror delvis på stödremans utformning, ju mindre stödremsa desto brantare slänlutning, dock kan den maximalt vara 1:2. Gällande krav för utformning av slänter med avseende på risk för avkörning finns i VGU (Trafikverket, 2011a).

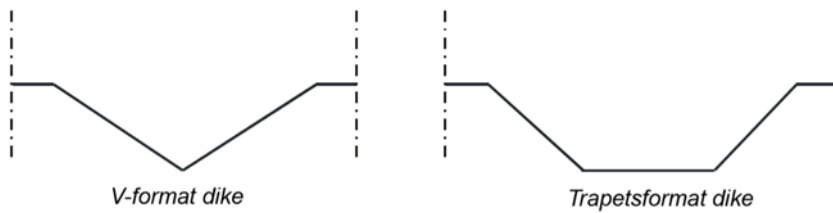
2.1.5 Dike

Avvattningen av en vägöverbyggnad sker vanligtvis med öppna diken (Granhage, 2009), medan dräneringssystemet kan vara i form av dränledning, öppna eller stenfyllda diken. Dikets viktigaste funktioner är att leda bort ytvatten från vägytan och att dränera vägkroppen. Dimensioneringen av diken varierar beroende på vilka funktioner de ska uppfylla, dock ska hänsyn tas till vägen och sidoområdets säkerhets- och skötselkrav (Trafikverket, 2011a).

Dikets linjeföring ska vara mjukt både i plan och profil, med en längslutning på minst 5 ‰. Vanligtvis brukar dike ha en V-form och placeras på ett djup på minst 0,3 meter under vägens terrassnivå, *Figur 2*. Vid förekomst av stora vattenmängder kan diket ha en trapetsform, där storleken på den anpassas efter vattenmängden, *Figur 3*. Vid dränering med dränledningar och öppna diken ska vattennivån för dränledningen vara minst 0,3 meter under terrassnivån (Trafikverket, 2011a).

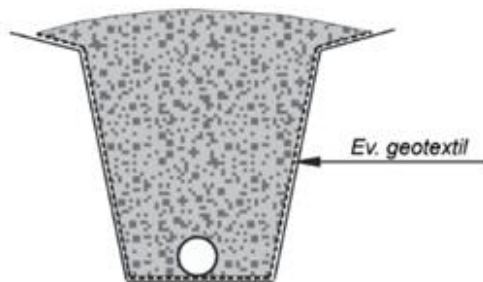


Figur 2. Mått på dikesdjup (Trafikverket, 2011a).



Figur 3. V-format- och Trapetsform dike (Trafikverket, 2011a).

Vid utrymmesbrist kan ett öppet dike ersättas med ett stenfyllt dike med en dränledning i dikesbotten, enligt *Figur 4*. Dikets minsta acceptabla bottenbredd är 0,4 meter. Dess sidor och botten förses med ett geotextilfilter som skyddar från erosion. Kornstorleken på stenmaterialet varierar mellan 22,4- och 90 millimeter (Trafikverket, 2011a).



Figur 4. Öppet dike (Trafikverket, 2011a).

För att undvika vattenavrinning från en väg ut till angränsande mark samt förhindra vattenansamling vid banken, bör ett bankdike anordnas. Den anordnas vid bankfoten med ett djup på minst 0,5 meter (Trafikverket, 2011a).

Problem orsakade av vattenavrinning från högre liggande marknivå till skärningslätten kan elimineras med anordning av ett så kallat överdike. Det placeras från 1 till 5 meter från släntkrönet med ett djup på minst 0,5 meter. På område med svallisbildnings- eller erosionsrisk bör det placeras minst 3 meter från släntkrönet. Huvudsyftet med överdiket är att eliminera förekomst av vatten i slänten samt att vatten från omgivande mark tar sig ner via slänten till vägdiket (Trafikverket, 2011a).

2.1.6 Ledningar

2.1.6.1 Dagvatten

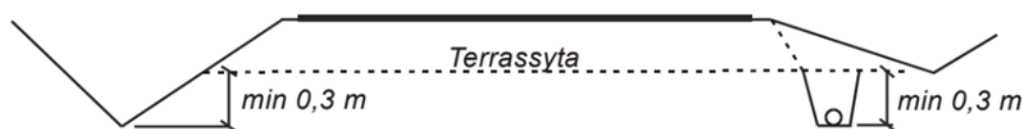
Vatten som rinner från vägytan förs vidare via dagvattenledningar eller direkt till ett öppet dike. På motorvägar sker vattenavledningen från mittremsan med längsgående- eller tvärgående ledningar, vidare till en annan ledning eller ut i ett dike. Den minimalt acceptabla innerdiametern på dagvattenledningar från ett vägområde är 200 millimeter med en längslutning på 4,5 ‰. Lutningen på ledningarna varierar med dimensionsstorleken, ju större dimensioner desto mindre längslutning krävs. Röret bör placeras så att dess underkant ligger under lågvattenytan (Trafikverket, 2011a).

2.1.6.2 Dränvatten

Grundvatten samt infiltrerande ytvatten i konstruktionen kan avledas med dränledningar. Ledningarna för bortledning av vatten i överbyggnaden ska ha minst 100 millimeters innerdiameter. I undantagsfall, där stora grundvattenflöden förekommer, kan större ledningsdimensioner övervägas, dock inte allt för stora så att ledningarnas självrensningförmåga inte försvåras (Trafikverket, 2011a).

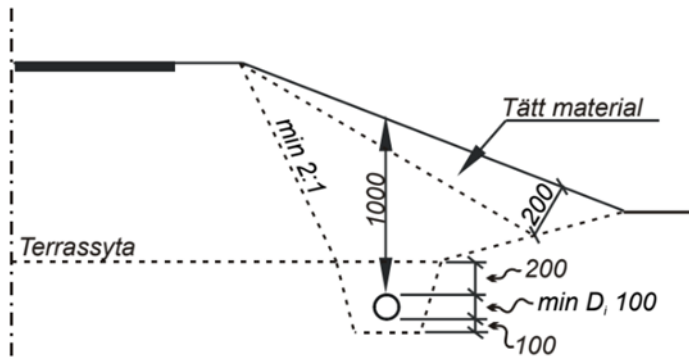
Vägar med ensidigt tvärfall förses med dränledning endast på ena sidan av vägen där vägnivån är som lägst. Minsta tillåtna längslutning på dränledningar är 5 ‰, dock kan längslutningen sänkas till 2 ‰ i flacka områden där större längslutning inte är tekniskt möjligt. I sådana fall ställs det högre krav på utformningen och skötseln av diket (Trafikverket, 2011b).

Dränledningens underkant ska placeras minst 0,3 meter under terrassnivån medan dess överkant ska placeras minst 1,0 meter under markytan och 0,2 meter under terrassnivån, enligt *Figur 5*. De kan placeras utanför vägens beläggningsskant eller, i de fall då ledningarna inte skadas av sättning av exempelvis kantstolpar och annat, kan placering under innerslätten vara möjlig.



Figur 5. Dräneringsledningens placering (Trafikverket, 2011a).

Vid de fall då dagvatten riskerar att belasta dränledningarna, ska innerslätten förses med material som är lika tätt som undergrundsmaterialet. Den minst acceptabla tjockleken på tätningslagret vid dikesbotten, vinkelrätt mot släntytan, skall vara 0,2 meter, enligt *Figur 6*. Utloppet från dränledningar ansluts antingen till ett öppet dike eller till ytterligare en ledning som för utloppet vidare till en brunn med sandfång (Trafikverket, 2011a).



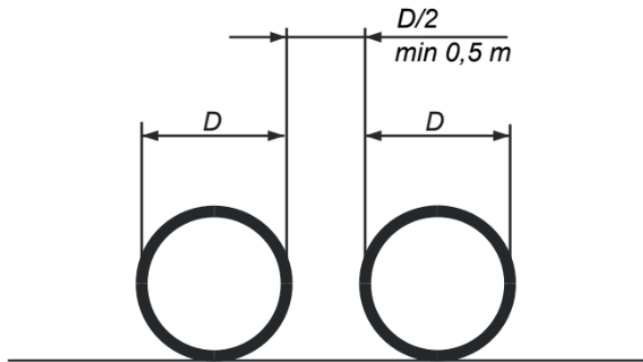
Figur 6. Innerslännt försedd med tätningslager (Trafikverket, 2011b).

2.1.7 Trummor

Syftet med anläggning av vägtrummor är att med god säkerhet leda förekommande vatten genom en vägkonstruktion, utan att risk för översvämningar eller andra skador uppstår (Trafikverket, 2011a). De anläggs vanligtvis då vägen exempelvis korsar ett dike eller andra vattendrag, vid förekomst av lågpunkter i profilen där vattenavledningen inte är möjlig på något annat sätt samt vid förekomst av långa lutningar som kan riskera förekomst av skador på slänter orsakade av stora vattenmängder (Granhage, 2009).

Utformningen av vägtrummor ska ske med hänsyn till trafiklasten, vattenströmningen samt omständigheterna i och runt vattendraget som exempelvis växter och djur (Trafikverket, 2011a). De djur som är beroende av vattendraget ska kunna ha fri passage, de ska kunna vandra uppströms och nedströms obehindrat med minimal risk för fritt fall nedströms (Trafikverket, 2015b). Därför bör dämning, vattnets hastighet samt vattendragets bredd och djup beaktas vid dimensioneringen. I TRVK Väg tabell 5.3–1 anges grundvillkoren för val av trumdimensioner beroende på vägtypen och dess placering. Vägtrumman ska vid medelvattenföring kunna avvattna uppströms liggande mark till minst 1,2 meters djup (Trafikverket, 2011a).

Trumman ska placeras minst 0,3 meter under vattendragets botten. Den ska placeras parallellt med väglinjen och om möjligheten finns ska en rätvinklig placering mellan dessa eftersträvas. Hänsyn bör ytterligare tas till vattendragets linjeföring. Vid placering av trummor bör hänsyn också tas till vattendragets gamla spår, där stor risk för sättningar, orsakade av dåligt grundförhållande, finns. Lutningen på trummorna ska anpassas efter det befintliga vattendraget, dock bör lutningen inte understiga 10 ‰ där risk för sättningar finns. Det minst acceptabla avståndet mellan två parallellt belagda trummor bör vara halva diametern på trumman, enligt *Figur 7*. Detta för att eventuella omgrävningar eller naturliga förflyttningar av ett rör inte ska kunna påverka det andra röret intill (Trafikverket, 2011a). Under byggskedet bör det säkerställas att en identifiering av trummornas och ledningarnas läge överensstämmer med ritningarna. Detta för att underlätta för framtida underhållsarbete.



Figur 7. Minst acceptabla parallellavstånd mellan två trummor (Trafikverket, 2011a).

Materialval av trumman är viktig för att åstadkomma en säker vattenavledning med minimala risker för inläckage av kringfyllnadsmaterial. Detta kan åstadkommas med isolering av fogar med exempelvis utvändig geotextil eller elastisk tätning (Trafikverket, 2011a).

Vattenhastigheten i vägtrumman bör inte ha stora avvikelser från vattendragets naturliga hastighet, dock bör den maximalt vara 0,2 meter/sekund vid sammanhängande botten och maximalt 0,4 meter/sekund i vattnets huvudmassa. Detta med hänsyn till miljöaspekter för bottenlevande djur. Vid förekomst av höga vattenhastigheter som avviker från den naturliga hastigheten i vattendraget och som många djurarter är vana vid, bör vattenflödet bromsas med anordningar som installeras i trumman (Trafikverket, 2015b).

Utformning av vägtrummas ändrar ska anpassas till vägen och omkringliggande miljön för att säkerställa minimala skaderisker vid avkörning från vägen samt att försämring av vattenledningen uppstår. På vägområde som saknar sidoräcke ska vägtrumändarna vara snedskurna med samma lutning som innerslätten har (Trafikverket, 2015a). I sådana fall bör extra hänsyn tas till nedfallande grusmaterial som kan orsaka dämning i vägtrumman. Detta görs bland annat med kontinuerligt drift- och underhållsarbete (Trafikverket, 2011a).

Dimensioneringen av vattenförande trummor och ledningar ska ske på så sätt att risk för erosion vid högsta högvattenföring, HHQ, samt högsta högvattenstånd, HHW, i vattendraget elimineras. Vid dimensionering bör framtida förändringar i avrinningsområden beaktas, som exempelvis förändring av markanvändning eller skogsavverkning. Flödesmängden i vattendragen påverkas mycket av klimatförändringar, därför bör aktuell information från SMHI beaktas. Den dimensionerande livslängden för trummor och ledningar ska vara minst 40 år (Trafikverket, 2011a).

2.2 Skador i vägkonstruktionen orsakade av vatten

2.2.1 Tjälskador

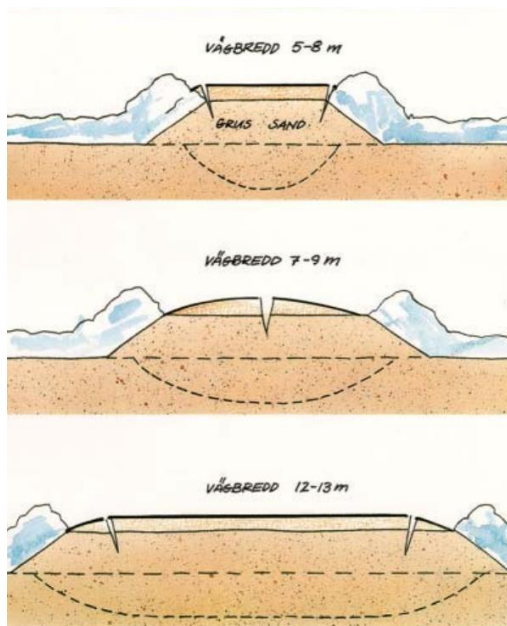
Storleken på tjällyftningar beror på mängden vatten i marken och omkringliggande jordmaterial. Tjälproblem förekommer oftast på vägar som innehåller vattenkänsliga material i de obundna lagren (Wågberg, 2003). En särskilt tjälfarlig jordart är silt som har

egenskapen att binda och transportera vatten. Förekomst av silt i undergrunden medför ökad risk för tjälskador (Trafikverket, 2018).

Vid förekomst av frost i tjälfarlig jord skapas ett undertryck i porvattnet, vilket medför att vattnet från underliggande jordlager sugs upp. Samma process upprepas och ännu mer vattnet sugs upp och fryser till is. På så sätt skapas tjällyftning, det vill säga höjningar av markytan (Granhage, 2009). Ojämna tjällyftningar kan uppstå på vägen om vatteninnehållet varierar eller om det tjälfarliga materialets egenskaper varierar, vilket kan resultera i stora rörelser i vägkroppen som i sin tur kan ge upphov till ojämnheter och sprickbildning i beläggningslagren (Wågberg, 2003). I sådana fall räcker det inte med ordinära beläggningsåtgärder, som exempelvis avjämning eller ett nytt beläggningslager, för att åtgärda ojämnheterna. Det krävs omfattande åtgärder som exempelvis sänkning av grundvattennivån, materialutskiftning eller isolering av bland annat korsande trummor och VA-installationer som är känsliga för tjäle (Wågberg, 2003).

Vid förekomst av stenar och block i tjälfarlig jord kan antingen en upphöjning eller en nedsänkning i markytan uppstå. Upphöjningen kan uppstå då isbildning uppstår under stenen vilket leder till att både stenen och ovanliggande mark höjs upp. Ett hålrum bildas under stenen som så småningom fylls med löst material orsakat av trafikens belastning. Då tjällossning uppstår kommer stenen inte att återgå till sin plats. Däremot kommer ett hålrum att uppstå ovanför stenen om isbildningen skett ovanför den, vilket leder till en nedsänkning i markytan orsakad av trafikens belastning på hålrummet (Granhage, 2009).

Tjälspäckor är vanligt förekommande tjälproblem som oftast är breda och djupa samt uppkommer längs vägen, antingen i vägkant eller längs vägmitt, beroende på vägens bredd. På en 5 - 6 meters vägbredd uppstår sprickorna längst ut på vardera sidan av vägen. På en 7 - 9 meter vägbredd uppstår däremot sprickan i vägmitt. På 12 - 13 meters vägbredd uppstår sprickorna på vardera sidan av vägen, cirka två meter från vägkanten. Vilket beror på den koncentrerade tjälskjutningen som sker parallellt med vägmitten, varvid sprickor uppstår mellan de frusna och ofrusna delarna, enligt *Figur 8* (Wågberg, 2003).



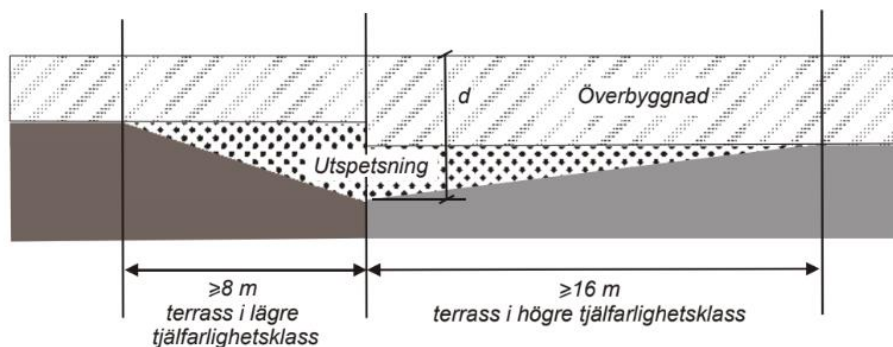
Figur 8. Olika tjälspäckor beroende på vägbredden (Wågberg, 2003).

Förekomst av tjälsprickor på vägkonstruktioner med tunna beläggningslager resulterar i uppkomst av anslutande sidospäckor och krackeleringsspräckor, varav en del material kan lossna från beläggningslaget. Tjälspräckor bör tätas omedelbart för att förhindra infiltration av ytvatten in i konstruktionen, speciellt till de obundna överbyggnadslagren. Vid val av underhållsåtgärd ska hänsyn tas till förekommande tjälspräckor på vägen för att säkerställa att de åtgärdas. Eftersom en vanlig beläggningsåtgärd, där endast lossnat material från beläggningslaget ersätts med nytt, anses vanligtvis inte vara tillräckligt, ska i sådana fall anledningen till förekomsten av dessa skador analyseras och åtgärdas grundligt ifall det är tekniskt möjligt (Wågberg, 2003).

Under tjällossningsperioden blir de obundna lagren, med hög finkornhalt, i väggkroppen oftast övermättade med tinat isvatten. Detta resulterar i försämrade bärförmågor på väggkroppen, specifikt i de obundna lagren. Vägen blir då mycket känslig för tunga laster, därför förbjuds tung trafik att passera på en del vägar som genomgår tjällossningen (Wågberg, 2003). Nivåskillnaden på marken kan bli ytterligare stor när en del av isen tinar och den resterande förblir otinad (Trafikverket, 2018).

2.2.1.1 Tjälskydd

En vägkonstruktion kan skyddas från skador orsakade av tjällyftningar med exempelvis sten- samt blockrensning av terrass, utjämning av terrass, isolering av terrass och andra dräneringskomponenter, utskiftning av tjälfarlig jord mot icke tjälfarligt material samt utspetsning av terrassytor med olika tjälfarlighetsklasser eller anslutningar till VA-installationer. Utspetsning anses vara viktig vid förekomst av tjälfarliga jordarter som kan skapa ojämnheter till följd av tjällyftningar i närheten av trummor, brunnar och ledningar. Det sker genom att den befintliga marken grävs upp och tjälfarlig jord ersätts med icke tjälfarlig jord, enligt *Figur 8*. Utspetsningar ska genomföras på så sätt att de ställda kraven, i bland annat TRVK Väg och TRV Geo på acceptabel sättningsskillnad, både i längsled och tvärlängd ska uppfyllas. Utspetsningen och isoleringen ska följa de riktlinjer som finns i AMA anläggning (Trafikverket, 2011a).



Figur 9. Utspetsning (Trafikverket, 2011a).

Trummor, dränledningar och dagvattenledningar som placeras på tjälfarlig mark ska dimensioneras på så sätt att eventuella tjällyftningar inte ska orsaka skador på vägkonstruktionen. Ledningar och trummor kan skyddas från frost och tjälproblem genom antingen termisk isolering eller ersättning av omkringliggande tjälfarlig jord mot icke tjälfarlig jord, så kallad utskiftning. Trummor som riskerar att drabbas av tjälproblem kan

skyddas med tjock eller isolerad trumbädd som sträcks ut minst 1,0 meter utanför trumändarna. Isolering av terrassen kan ske med cellplast eller lättklinker (Trafikverket, 2011a).

2.2.2 Sprickbildning

Förekomst av vatten i en vägkonstruktion kan vara anledning till uppkomst av nya skador samt utveckling av gamla. Sprickbildningar är exempel på dessa skador. Nedan beskrivs tre relevanta exempel på sprickbildningar som orsakas- eller utvecklas vid förekomst av vatten.

2.2.2.1 Sprickbildning i hjulspår

Under dimensionering av en väg kan leda till sprickbildning i hjulspår. Vid uppkomst av regn kan vatten tränga sig in i sprickorna, frysa till is och expandera, vilket kan leda till större sprickor och tjällyftningar i de obundna lagren (Wågberg, 2003).

2.2.2.2 Kantsprickor

Kantsprickor kan uppstå på en väg då vattenavrinningen vid beläggningsskanten är dålig. Sprickorna är oftast längsgående, breda och djupa samt löper cirka 0,2 - 0,5 meter från beläggningsskanen. Tänkbara åtgärder som kan genomföras är att täta sprickorna omedelbart för att förhindra vatteninfiltration till vattenkänsliga material. För en slutlig lösning skall en omfattande förstärkningsåtgärd på hela väggroppen göras. Vid de fall då sidostödet har försämrats kan vägen behöva genomgå en förstärkning och breddning (Wågberg, 2003).

2.2.2.3 Krackelering

Vid bland annat förekomst av vatten och tjälkänsligt material nära beläggningsslagren kan krackelering uppstå som följd av olika sorts sprickbildning, bland annat de ovannämnda. Från huvudsprickan förgrenar sig en serie sammanbundna mindre sprickor riktade åt olika håll. Vid snabb åtgärd av sprickor kan risk för uppkomst av krackelering minskas markant, då det endast uppstår vid uppkomst och utveckling av sprickor (Wågberg, 2003).

2.3 Drift- och underhåll

En regelbunden inventering ska göras under driftskedet för att säkerställa att samtliga avvattnings- och dräneringssystem uppfyller sin funktion. Inventeringen ska inte bara genomföras på väggroppen utan iakttagelser bör även göras runt vägen. Skador ska identifieras och deras svårighetsgrad och omfattning ska bedömas (Wågberg, 2003).

De vanligt förekommande problem som försämrar dräneringssystemet av en väg är bland annat skadat dräneringssystem, igentäppta brunnar, bristande funktion hos trummor, täta innerslänter samt otillräckligt dikesdjup orsakat bland annat av jord som samlas i dikesbotten och som efter en lång tid igenfyller diken. Att det med tiden ofta bildas en kant av gräs- och jordkanter vid beläggningsskanten, som förhindrar ytvattenavrinningen, är ytterligare ett problem. Även om tvärfallet är korrekt utformat, kan vatten vara stående på vägytan vid förekomst av större ojämnheter på vägen. Dessa kan åtgärdas genom bland annat utjämning av vägen, lagning av dräneringssystemet, rensning av brunnar samt

rensning och grävning av dike. Det är viktigt att säkerställa att vattendriften och dess nivå återställs efter åtgärderna. Vid förändring av dikets utformning bör även sidotrummorna anpassas efter det (Wågberg, 2003).

Det är viktigt att vägbanan hålls fri från avfall och löv som kan täppa brunnar och som i sin tur kan orsaka lokala översvämningar. Brunnar med sandfång måste genomgå en regelbunden rensugning för att säkerställa att samlad sand inte ska täppa till brunnen (Wågberg, 2003).

Ifall innerslätten blir täckt av finkornigt material och vattengenomsläppligheten försvåras, kan vägen förses med dränerande slitsar av permeabelt material. Genomstick med grovt material, med största stenstorlek på 63 millimeter, genomförs vart tjugonde meter längs vägen. Genomstickan kan även genomföras med dränledning eller plastfilterdrän. Om det är möjligt bör däremot ytterslätten lämnas orörd eftersom den inte har en direkt påverkan på dräneringssystemet i vägen (Wågberg, 2003).

Vägtrummor har en viktig roll i ett fungerande dräneringssystem. Eventuella brister på dem kan orsaka höga nivåer och vattenansamlingar i diken, vilket kan leda till att vattnet söker sig in i vägkonstruktionen som är vid samma höjdnivå som vattnet. Vanligt förekommande problem på trummor är att växter och jord tilltäpper den. Ytterligare brister som kan uppstå är att trumman blir trasig eller att den hamnar ur sitt befintliga läge på grund av exempelvis sättningar eller andra naturliga rörelser. Därför är det viktigt att genomföra regelbundna inventeringar för att rensa trummor, ersätta de trasiga delarna med nya samt justera eventuella lägesförändringar i god tid (Wågberg, 2003).

Vid behov av underhåll eller åtgärd av en trumma, är det viktigt att i första hand identifiera trummans läge, typ och tillstånd samt vattendragets flöde och allmänna förhållande (Trafikverket, 2011a). En okulär inspektion är nödvändig för trummor som har en innerdiameter större än 800 millimeter, medan trummor med innerdiameter mindre än 800 millimeter är en inspektion med hjälp av filmning godtagbar (Trafikverket, 2011b). Vid omgrävningar i anslutning till trummor ska det säkerställas att trummans egenskaper inte försämras och att vattendragets förhållanden förblir oförändrade (Trafikverket, 2011a).

Justeringar på vägen i efterhand och övriga ingrepp som till exempel diverse ledningar kan förändra förhållandena och orsaka oförväntade problem som i sin tur kan förkorta vägens livslängd. Det är därför viktigt att väghållaren planerar in dessa ingrepp så att de sammanfaller under samma period som beläggningsunderhåll genomförs. En dräneringsåtgärd beräknas oftast vara en del av en omfattande förstärkningsåtgärd, därför är det fördelaktigt ifall dräneringsåtgärden kan genomföras cirka ett år före resterande åtgärder eftersom det vanligtvis tar mycket längre tid för en dräneringsåtgärd att ge full effekt. I samband med underhållsarbete och lagningar kan skador på dräneringssystemets olika komponenter uppstå, men de kan även uppstå som en följd av bristfälliga åtgärder (Wågberg, 2003).

Växtligheten i anslutning till vägen har stor betydelse för dräneringssystemet. Förekomsten av fuktkrävande växter i vägslänter kan visa till vilken nivå i vägkonstruktionen det finns vatten. Förekommer dessa växter endast i diket, men inte i vägslätten, innebär det att endast terrassnivån kan behöva dräneras men inte vägöverbyggnaden (Wågberg, 2003).

3. Utförande

Med litteraturstudien till grund, kunde en del problem orsakade av vatten identifieras och därmed även formuleras till intervjufrågor. Bilaga A, B och C innehåller intervjufrågorna som ställdes till projektörerna, entreprenörerna och drift- och underhållspersonerna.

Drift-och underhållsexperterna Agne Gunnarsson och Erik Oscarsson från Trafikverket samt Sven Agardh från LTH intervjuades först för att få underlag till vilka problem som kan uppkomma i driften eller under underhållsarbetet och som är orsakade av bristfällig produktion. Detta användes som underlag för intervjun med projektingenjören Henrik Précenth och arbetsledaren Arne Malm från Svevia. Resultatet från intervjun med entreprenören och som innehöll bland annat uppkomst av problem orsakade av bristfällig projektering användes i sin tur som underlag för intervjuerna med vägprojektörerna Per Nyström, Christina Sjögren och Ove Ernstsson från Sweco Civil AB samt VA-projektör Henrik Brink från Sweco Environment AB.

Valet att i intervjuerna gå från drift- och underhållsskedet bakåt till produktionsskedet och slutligen landa i projekteringsskedet gjordes med motivet att kunna se hur genomförandet av tidigare fas påverkar resultatet i fasen därefter. Vidare var förhoppningen att denna intervjuordning skulle kunna ge större trovärdighet på svaren, då personer som är ansvariga och verksamma för en viss fas kanske undviker att lyfta de brister som ingår i deras eget arbete utan hänvisar problemen i första hand till tidigare skeden.

4. Resultat

I studien gjordes intervjuer med projektörer, entreprenörer samt drift- och underhållspersonal vars svar användes som huvudsakliga informationskälla i resultatdelen. Det innebär att resultatet i denna rapport är endast baserat på insamlad informationen från de genomförda intervjuerna. Resultatkapitlet är indelat i tre underkapitel där varje kapitel tar upp en fas i vägprocessen. Svaren från samtliga intervjuer inom varje fas får en egen referens, det vill säga *Projektör* för projekteringsfasen, *Entreprenör* för produktionsfasen samt *Drift- och underhållspersonal* för drift- och underhållsfasen. Detta för att bibehålla en del av sekretessen i de genomförda intervjuerna.

4.1 Projektering

4.1.1 Förarbete

Samtliga projektörer poängterade vikten av ett väl genomfört förarbete innan projekteringen påbörjas. Resultatet från förarbetet ger projektören en uppfattning om miljön där vägen kommer att byggas. Byggs vägen i exempelvis tätorter, finns det ofta redan befintliga anläggningar och system som projektören måste förhålla sig till. Däremot finns det inte lika mycket att förhålla sig till ifall vägen byggs i öppna ytor eller i obruten mark. Det är av stor vikt att uppmärksamma vägens placering och förhållande i jämförelse med omkringliggande terräng. Detta för att identifiera vattenförhållanden och avrinningen av vatten i ett tidigt skede. Därmed kommer det att möjliggöra bra val av vägens placering, det vill säga att vägen inte i onödan placeras i lågpunkter eller i våta områden. Undersökning av växtligheten i området ger också en indikation för områdets vattentillgång och fuktighet (Projektör, 2018).

Det ställs inga krav på projektören att besöka och undersöka området där vägen kommer att byggas. Det ligger i väghållarens intresse ifall projektören ska undersöka området och i så fall ska det tydligt anges i upphandlingen. Dock kan det vara fördelaktigt för projektören då ett besök kan ge mer information och bättre översikt över platsen än vad tillgänglig dokumentation kan ge. Vid uppdragsstart är det alltid minst en person från organisationen (uppdragsledare, teknikansvarig, projektör, med flera) som genomför en inventering i fält. Den information som samlas in, tillsammans med geoteknikerns detaljerade mätningar, kan projektörerna ta del av och utgå ifrån även då de inte har genomfört ett platsbesök. Antal inventeringar och besök som görs i området beror oftast på storleken på projektet och avståndet dit. Däremot är det nödvändigt att inte förlita sig på extern information som exempelvis bilder och kartor från Google Earth, då det alltid finns risk att förändringar har skett på ett visst område och som Google inte har uppdaterat (Projektör, 2018).

Vid projekteringsfasens start är det viktigt att inmätningar av området är gjorda samt att nödvändiga underlag som behövs, bland annat ÅDT och andel tunga fordon, är

tillgängliga. Inom förarbetet ingår även identifiering av befintliga komponenter som finns i området, som exempelvis befintliga vatten- och dräneringsledningar, trummor, brunnar, med flera. Bristfälligt förarbete kan orsaka skador under produktionsfasen då befintliga ledningar och brunnar inte har uppmärksammats tidigare. Det kan även innebära behov av justeringar i ritningarna ifall dessa komponenter upptäcks i senare skede, vilket både är tids- och kostnadskrävande (Projektör, 2018).

4.1.1.1 Viktiga delar i förarbetet

För att säkerställa att vägen uppfyller sin funktion och fungerar under den beräknade livslängden är ett korrekt utfört förarbete, med geotekniken i fokus, av stor vikt. De geotekniska undersökningarna ska kompletteras vid eventuella förändringar i placeringen av vägen. Med detta kommer risk för förutsättning att samma lager finns över hela området att elimineras (Projektör, 2018).

Grundvattennivån är även en viktig del som kan påverka vägens livslängd och som måste undersökas noga. Undersökningen ska inte bara baseras på historiska rapporter om grundvattenförändringar, noggrant utförda undersökningar med observationsrör är att föredra. Grundvattennivån varierar under året och över åren, därför bör det beaktas särskilt noga vid tidsmässigt korta projekt, där grundvatten inte kan undersökas under en längre period (Projektör, 2018).

4.1.2 Prioritering av vattenfrågor

Det är viktigt att vattenfrågor prioriteras av samtliga berörda aktörer under hela projekteringskedet. I dagsläget är det oftast VA-projektörerna som ansvarar för och bearbetar vattenproblematiken, vilket oftast leder till att vägprojektörerna nedprioriterar dessa frågor. Det kan i sin tur leda till uppkomst av brister i avvattnings- och dräneringssystemet då ritprogrammen inte alltid lyckas automatiskt inkludera nödvändiga komponenter. Dessa måste projekteras manuellt av vägprojektören. Exempelvis vid förekomst av en bank blir det svårt för ritprogrammen att automatiskt föra in diken då nivåskillnaderna är stora. Vilket resulterar i att vattnet rinner ner på vägen och förblir stående eller att det rinner ut på angränsande mark/tomt. Detta bevisar vikten av att vägprojektörerna alltid ska ha vattenproblematiken i fokus och undvika att helt förlita sig på ritprogrammen och VA-projektörerna (Projektör, 2018).

4.1.3 Krav och undantag

Vid projektering av belagda vägar ska projektören förhålla sig till de krav och råd som finns i VGU och Svenskt Vattens publikationer, P110 m.fl. För Trafikverkets vägar ska även Trafikverkets TK Avvattning och TR Avvattning (TDOK 2014:0045 och MB310) användas, som bland annat tar upp dimensioner och utformning. För att upprätta ett förfrågningsunderlag följer projektören standardskrivelserna i AMA Anläggning. AMA Anläggning beskriver ett standardiserat arbetssätt för hur byggandet ska ske och vilka krav som finns för olika byggnadsdelar. Kommuner brukar även ha egna anvisningar och tillägg för projektering av deras vägar med bestämd standard på exempelvis överbyggnader. Det brukar därför anges att vissa delar utgår från AMA och ersätts istället av gällande

standardskrivelser för den avsedda kommunen. Under projekteringen bör därför dessa avvikelser kontrolleras och beaktas (Projektör, 2018).

Följer projektören alla ställda krav bör det ge en optimal utformning då de satta kraven oftast kommer från erfarenhet av tidigare projekt, det vill säga att kraven inte är omöjliga att följa. Däremot är det inte alltid möjligt att följa alla ställda krav för ett projekt, undantag och justeringar kan och får göras. Vanligtvis är vägar som uppfyller alla krav och ger bästa standard mycket dyrare och utrymmeskrävande varför avsteg görs från standarderna (Projektör, 2018).

Vid de fall då risk finns att värdefulla miljöer kommer att påverkas som exempelvis att naturreservat kommer att skadas, hus kommer att lösas in, många träd kommer att fällas, kostnaderna blir allt för höga eller helt enkelt att det inte finns plats för vägen, görs avvägningar om en alternativ lösning är möjlig att upprätta. Det första steget kan vara att hitta en teknisk alternativlösning för att uppfylla kraven genom att till exempel byta ut öppna dike med täckt dike som kräver mindre utrymme. Sådana avvägningar är vanligt förekommande i projekten, där en jämförelse görs mellan den optimala lösningen och det arbete och kostnader som kommer att behövas. En gynnsam mellanlösning brukar vanligtvis väljas. Besluten ska fattas för att gynna majoriteten, om inte alla, av de berörda aktörerna i projektet. Eventuella avvikelser och förslag diskuteras i förväg vid ett projekteringsmöte. Väghållaren ska godkänna eventuella avvikelser från standardutförande. Dessa förslag dokumenteras i protokoll från mötet. I projekt väg E22, mellan Fjälkinge och Gualöv, har exempelvis ett undantag från VGU gjorts på grund av att landskapet är väldigt platt och den minst acceptabla längslutningen inte var möjlig att åstadkomma för vägen. Vid större beslut i stora projekt, som oftast berör miljöproblematik kan externa myndigheter, som exempelvis länsstyrelsen, fatta besluten enligt Miljöbalken (Projektör, 2018).

4.1.4 Avgörande för vägens livslängd

Ett av de mest kritiska tillstånden som kan försämra vägens bärighet är utformning av terrass i samband med mycket regn. Det är därför fördelaktigt att projektören kravställer i bygghandlingen vilka åtgärder entreprenören ska genomföra vid exempelvis regnväder. Vid förekomst av regn ska exempelvis terrassen inte lämnas bar, den måste täckas och skyddas från regnvatten. Vid förekomst av risk för regn ska terrassen schaktas successivt, annars kan vatten mjuka upp terrassen och försämra dess bärighet, vilket var fallet i ett projekt i Marieholm. Problemet åtgärdades med ett nytt förstärkningslager. Dock var det inte tillräckligt för att undgå följdproblemen, orsakade av det instängda vattnet som uppkom i form av spårbildning, sättning, sprickbildning och försämrad bärighet. Förekomsten av ojämnheter skapar oftast vattenpölar som är en problematik gällande avvattningsystemet. Det finns toleranser för hur exakt en nivå/lutning blir på en hårdgjord yta. Exempelvis skall uppkomst av vattenpölar beaktas då de förr eller senare uppstår på en asfalterad gata (typ B i AMA) som har lägre lutning än 1% (Projektör, 2018).

4.1.5 Dike

Bra dimensionering och utformning av bland annat dike kan vara avgörande för vägens livslängd. Det räcker inte bara med korrekt utformat dike, det måste även säkerställas att

vattnet förs vidare och inte rinner in i vägkonstruktionen. När vattnet terrassen kan det innebära flera följdproblem i form av exempelvis sprickbildning i samband med tjäle. Därför ställs det krav på dikesdjup och terrasslutning för att underlätta för inträngt vatten att rinna av (Projektör, 2018).

Dikets utformning beror mycket på miljön där vägen finns, hur den ska se ut och vilken funktion den ska fylla. Utifrån miljön och omständigheterna på vägen beslutas det om man ska infiltrera vatten i marken eller inte. Är det mycket trafik på vägen och grundvattnet används som dricksvattentäkt ska infiltration av dagvattnet ner till grundvattnet förhindras. Detta för att det inte ska föra med sig skadliga partiklar från trafiken. Istället görs ett tätt dike, täckt med material som är ganska likt tätheten i undergrunden, som stoppar vatteninfiltrationen och istället för den vidare bort från vägen. Det kan vara fördelaktigt att det finns växter i diket som kan utgöra en renande effekt då vattnet silar över dem innan den fortsätter ner i diket. Vid de fall då vägen byggs i mindre gator, ersätts diket med andra, vanligtvis dyrare, alternativ som exempelvis brunnar och ledningar (Projektör, 2018).

Materialet i diken består vanligtvis av samma material som ursprungligen finns i omgivande mark eftersom diket skapas oftast genom enbart bortschaktning av jord. Om omkringliggande mark lutar in mot vägen anläggs ett bankdike, vilket har i syfte att leda bort vatten från omkringliggande mark som annars hade samlats vid bankfoten nedanför banken. Innerslätten ska inte vara allt för tät för att det ska vara möjligt för vatten att rinna ut ur vägöverbyggnaden. Erosionsrisker i jordmaterialet på slänterna ska beaktas och diskuteras med geoteknikern för att jord som rasar ner inte ska täcka diket och minska dess djup. I dagsläget väljs oftast en flackare släntlutning än vad man historiskt sett byggt med. Detta för att eliminera risken för personsador vid avkörning från vägen. När det gäller storlek och lutning på ett dike görs en avvägning mellan vad som är bäst för avvattnings och dränering samt vad som ger störst trafiksäkerhet (Projektör, 2018).

Längslutningen på diken ska vara minst 5 %. Vägprojektörerna anser att ju större längslutningen på diket är, desto bättre avrinning av vattnet. De anser att för liten lutning kan leda till att vattnet blir stående i diket och vid förekomst av mycket vatten kan nivån höjas och i slutändan tränga in i vägöverbyggnaden. Däremot anser VA-projektören att diken utan längslutning är att föredra eftersom vattnet får längre uppehållstid och därmed kan infiltrera ner i marken, transpirera till växtlighet, sedimentera tungmetaller och avskilja oljeprodukter. I områden där marken är platt kan det vara svårt att uppnå lutning på 5 %. Det kan lösas med djupare dike för att åstadkomma en tillräcklig längslutning på diket eller genom att förse vägen med dagvattenmagasin som leder vattnet lite kortare sträckor innan det kommer ut i diket (Projektör, 2018).

Vid bestämning av vattenströmning och dikesstorlek som behövs görs en hydraulisk simulering. Det simuleras att mycket vatten, från ett dimensionerande regn, tillförs på området och därmed kan vattnets avrinningsvägar samt mängden vatten som dikena ska klara av bestämmas. Det minst acceptabla dikesdjupet är 0,3 meter enligt VGU, dock finns det ingen gräns för det maximala djupet. Det är inte bara släntlutningen på diket som beaktas, höjden från vägytan ner till dikesbotten beaktas också ur säkerhetsperspektiv. Därför bör diket inte ha en djup som kan uppfattas som ett vertikalt fall vid avkörning från vägen. Vi de fall då ett djupt dike används, ska vägen försees med räcke och andra skyddsanordningar. Av den anledningen är det fördelaktigt att undvika för djupa dike som

kräver mycket utrymme, extra kostnader och som är mindre estetiskt attraktiva. Vid förekomst av mycket vatten, byggs diket med bredare botten för att bilda ett magasin parallellt med vägen, där även räcke är nödvändigt för att skydda trafikanterna från skador vid eventuella avkörningar från vägen (Projektör, 2018).

4.1.6 Ledningar

I de fall då öppet dike inte används längs hela vägen, förses vägen med ledningar som kan föra vattnet vidare. Bristfällig dimensionering genom till exempel val av en för liten rörledningsdimension kan bland annat innebära strypning av vattnet. När det regnar mycket och vattnet inte hinner rinna vidare kan vattnet bli stående i diket och ta sig in i vägkonstruktionen och terrassen. Därmed kommer kravet på 0,3 meters dikesdjup inte att räcka. Vid skyfall kan en del brunnar bli överbelastade vilket leder till att vattnet ställer sig på vägen. En för liten ledning, kan vid kraftiga och långvariga regn, leda till att vatten blir stående på vägen. Därför anses det vara ogynnsamt att ha för små ledningar, då det är kostsamt och tidskrävande att lägga ner dem och att byta ut dem senare till en större dimension. Det är bättre att avrunda ledningsstorleken uppåt vid dimensioneringen. För stora rördimensioner är inte lika kritiska, dock bör det säkerställas att marktjockleken (täckningen) över ledningen är tillräcklig för att ledningen inte ska skadas av trafikens belastning (Projektör, 2018).

Dräneringsledningarna kan vara av plast, med undantag av den angränsande delen till trumöppningen som görs av betong för att de inte ska tryckas sönder eller skadas vid underhållsarbetet. När det gäller läggning av dagvattenledningar bör lutningen följa toleranser som framgår av agardhskt Vattens publikation för rörinspektion, P93. Eftersom det inte alltid är tekniskt möjligt att följa ritningarna fullt ut under produktionsskedet, brukar VA-projektören använda sig av en del tumregler med vetskap om byggnadsmöjligheterna. Som tumregel brukar VA-projektören exempelvis framgå av att om dagvattenledningarna ska läggas i 0,7 % lutning enligt ritning blir de i produktionsskedet lagda med 0 - 1,4 %. Av egen erfarenhet brukar projektörerna utgå ifrån sådana tumregler under projekteringsskedet (Projektör, 2018).

Tillsammans med VA-projektören försöker vägprojektören att säkerställa bra placering av ledningar och trummor för att vattnet ska föras genom eller ut ur vägen som det ska. Ibland lutar vägen åt ena sidan medan vattnet ska föras vidare åt andra sidan, detta åstadkommes med en väl planering mellan väg- och VA-projektörerna. Det är viktigt att exempelvis ledningar har rätt fall för att möjliggöra självfall och spolning. Vid för liten lutning riskerar man att inträngt avfall (jord, västrest etc) täpper ledningen. Därför är det av stor vikt att identifiera vattenavrinningen. Vatten rinner alltid nedåt, är det inte möjligt för vattnet att rinna åt rätt håll på ett naturligt sätt, blir det nödvändigt att pumpa det istället, vilket innebär stora kostnader både för investering och drift- och underhåll. Då det blir omöjligt att projektera ledningarna med exempelvis självfall görs en avvägning och en alternativ "halvdålig lösning" väljs och diskuteras med väghållaren (Projektör, 2018).

4.1.7 Kommunikation

Under projekteringens gång är kommunikationen mellan projektörerna, väghållaren och uppdragsledaren mycket viktig för att åstadkomma ett bra resultat. Därför är det viktigt att

vägprojektören även får tillgång till material från de andra teknikområden och förhåller sig till det. Exempelvis är det viktigt att använda geoteknikernas mätningar som underlag för dimensioneringen, att samordna med VA-projektörerna för att bestämma avvattnings- och dräneringskomponenter som ska användas samt kommunicera med personer som är ansvariga för belysning för att säkerställa att kablar och andra anordningar får rätt placering i förhållande till avvattningssystemet (Projektör, 2018).

Beroende på projektets storlek och tidplan kan kommunikationen mellan väg- och VA-projektörerna variera både i tid och kommunikationssätt. Är det intensivt, finns det många beslut som ska fattas på kort sikt och om färdigställandet närmar sig brukar tätare avstämningar föredras. Detta för att eliminera risk för bortfallande av viktiga delar i projekteringen av dränerings- och avvattningssystemet och som kan vanligtvis ske vid dålig kommunikation mellan väg- och VA-projektörerna (Projektör, 2018).

Ett vanligt förekommande misstag som vägprojektören gör är att fokusera på att bestämma utseendet på vägen med korrekt linjeföring och profil, innan det kontrolleras ifall hanteringen av vatten är möjligt. Detta kan leda till fel i projekteringen som i sin tur kräver korrigeringar i ritningarna. Allt går hand i hand, därför ska vägprojektören inte bara fokusera på att få en perfekt linjeföring. Planering och kommunikation med VA-projektören är avgörande ifall en bra linjeföring och ett fungerande avvattnings- och dräneringssystem kan kunna åstadkommas. Dessa funktioner ska säkerställas före produktion av ritningar, annars kommer projekteringen att inte vara rätt utförd ur avvattnings- och dräneringsaspekt (Projektör, 2018).

4.2 Produktion

4.2.1 Gamla och nya vägar

Generellt har det konstaterats att vägar som är byggda enligt kraven i ATB Väg eller nu gällande TK Väg, som har ersatt kraven i Väg 94, har en betydligt bättre och stabilare vägkonstruktion än de som är byggda enligt Väg 94. De nya vägarna, det vill säga vägar byggda enligt ATB Väg eller TK Väg, utgör endast 10 - 12 % av det totala vägnätet i landet. Det innebär att majoriteten av vägnätet tillhör de gamla vägarna som ofta saknar tydlig dokumentation och är byggda på så sätt att inga material- och byggnadskrav överhuvudtaget är ställda på dem, exempelvis krav på finjordshalten, materialsammansättningen och lagertjocklekarna. De är oftast byggda på en profilmnivå som följer markytan väldigt väl med de material som fanns tillgängliga på plats och som oftast bestod av naturgrusmaterial. Den största utmaningen är att förlänga livslängden på dessa vägar utifrån hur de ligger placerade i terrängen idag och de material de har (Drift- och underhållspersonal, 2018).

Idag ställs det fler krav på nya vägar, bland annat att tydlig och detaljerad dokumentation ska föras innan, under och efter byggandet av en väg. Det ställs även krav på att exempelvis överbyggnaden av en väg ska ha krossat material, det vill säga krossat sprängsten, som är mindre känsligt för påverkan av vatten. Trots att materialvalen görs med omsorg och att vägprofilen placeras långt ifrån vattennivåerna och vattengångarna i

dike och trummor, kan skador orsakade av vatten inte undvikas helt (Drift- och underhållspersonal, 2018).

4.2.2 Förekomst av vatten

Vatten anses vara en stor riskfaktor för vägar. Förekomst av vatten i överbyggnaden har stor påverkan på vägens livslängd. Därför är det av stor vikt att undvika förekomst av vatten och att när det väl förekommer, ska det avlägsnas så fort som möjligt. Därmed genomförs arbete i första hand där bristfällig vattenavrinning förekommer och där risken för skador orsakade av vatten är som störst. Det är anledningen bakom att trummor och andra dräneringskomponenter anläggs först för att undvika att vatten tränger in i vägöverbygganden under byggskedet. Planeras och anläggs de olika avvattnings- och dräneringskomponenterna på rätt sätt, är risken liten för uppkomst av skador orsakade av vatten. Men om en av dessa komponenter skadas eller täpps igen, kan vattnet stiga upp i terrassen och skada vägen (Entreprenör, 2018). Det är till exempel viktigt att spola ledningarna ordentligt för att både rensa dem och säkerställa att vattnet går igenom hela ledningen. Det är även viktigt att ledningar ligger i rätt nivå och lutning för att undvika bland annat bakfall, det vill säga att vattnet rinner åt fel håll (Drift- och underhållspersonal, 2018).

4.2.3 Vanliga problem på avvattnings- och dräneringssystemet

De mest förekommande problemen i avvattnings- och dräneringssystemet under produktionsfasen uppstår vid förändrade grundförhållande (jämfört med det förväntade) eller vid förekomst av brister i genomförda geotekniska prover. En del brister kan åtgärdas snabbt, som exempelvis placering av dränering för eliminering av vatten, medan andra kan vara både tids- och kostnadskrävande, som exempelvis vid förekomst av siltigare jordmaterial än det i bygghandlingen angivna. Sådana brister kan undvikas genom bland annat genomförande av ytterligare provtagning före start av byggandet (Drift- och underhållspersonal, 2018).

Ytterligare förändringar som kan uppstå under samt efter byggskedet och som kan kräva ytterligare lösningar är bland annat då grundvattennivån är högre än förväntat, exempelvis på grund av mycket nederbörd. Nivån på grundvattnet kan då sänkas genom utpumpning av vattnet. I dagsläget genomförs en ombyggnation av trafikplats Hedenstorp, där grundvattennivån är högre än normalvattennivån. Den föreslagna lösningen på problemet i projektet är att sänka grundvattennivån tillfälligt genom att pumpa ut vattnet från vägkonstruktionen vidare till recipienter. Vid observation av eventuella förändringar i avrinningsområdet, som exempelvis förekomst av mer vatten än naturligt, ska vägghållaren få kännedom om dessa förändringar och finna åtgärder till problemet. Dock ligger det ofta inte i entreprenörens ansvar att göra ytterligare mätningar på avrinningsområden (Entreprenör, 2018).

Vid förekomst av naturliga vattendrag ska vägen byggas i rätt nivå så att vattendragen inte blir dämmande samt för att inte skapa vandringshinder för exempelvis fiskar och andra djur (Drift- och underhållspersonal, 2018).

4.2.4 Bästa byggtiden

Det bästa resultatet uppnås genom bygga under vår-, sommar- eller höstperioden. Det beror på att under vintern förekommer snö och tjäle som anses vara stora riskfaktorer för uppkomst av skador som kan försämra vägens bärighet och förkorta dess livslängd. Trots den stora risken för uppkomst av dessa skador, är det inte alltid möjligt att anpassa arbetet efter väderförhållanden då väghållaren i första hand prioriterar tidsplanen. Det ligger i entreprenörens ansvar att planera arbetet så att kritiska moment ska kunna genomföras då vädret tillåter det, att exempelvis undvika genomförandet av beläggningar vid förekomst av tjäle (Entreprenör, 2018).

4.2.5 Entreprenadform

Beroende på vad det är för typ av entreprenadform, kan arbetsuppgifterna skilja sig. De vanligast förekommande entreprenadformer för vägproduktion är totalentreprenad och utförandeentreprenad. En totalentreprenad ansvarar entreprenören för projekteringen så väl som utförandet, medan en utförandeentreprenad ansvarar entreprenören endast för utförandet av arbetet då väghållaren är den som ansvarar för projekteringen (Entreprenör, 2018).

4.2.5.1 Totalentreprenad

I totalentreprenader är det entreprenören som ansvarar för och upprättar bygghandling (även kallad arbetshandling) utifrån de krav som väghållaren har ställt på anläggningens funktion och/eller teknisk lösning. I en totalentreprenad involveras entreprenören i början av projektet där entreprenören ansvarar för att upprätta arbetsritningar, bestämmer hur saker ska lösas i detaljnivå och därmed har möjlighet att påverka projektets helhet (Drift- och underhållspersonal, 2018). Totalentreprenören genomför även kontroller av handlingarna för att säkerställa att de är tekniskt möjliga att genomföra. Detta sker genom att totalentreprenören föreslår flera förslag som de involverade aktörer i projektet kan besluta om och arbeta fram. Ifall entreprenören upptäcker fel i ritningarna eller tycker att något inte går att genomföra enligt ritningarna, kan förändringar diskuteras genom samråd med projektören och senare med väghållaren ifall en teknisk lösning har föreslagits (Entreprenör, 2018).

4.2.5.2 Utförandeentreprenad

Vid en utförandeentreprenad är det väghållaren som ansvarar för och tillhandahåller en bygghandling. Därmed är det ganska sällan att tekniska kontroller görs av entreprenören vid en utförandeentreprenad, då utförandeentreprenaden har en begränsad kontraktstid för att planera och verkställa kontraktarbetets utförande inom tidsplanen.

Utförandeentreprenören förlitar sig vanligtvis på ritningarna och bygger efter dem, vilket ställer krav på att väghållaren ska genomföra kontroller innan arbetet lämnas över till utförandeentreprenaden (Entreprenör, 2018).

4.2.6 Regelbundna kontroller

Före påbörjat arbete ställs det krav på samtliga entreprenörer att ta fram arbetsberedningar, checklistor och beskrivning för vad som ska genomföras och hur det kommer att ske.

Under arbetets gång genomförs regelbundna kontroller, enligt AMA, för att säkerställa att genomfört arbete stämmer överens med väghållarens krav (Entreprenör, 2018). Upptäcks fel under eller efter byggandet av vägen, är entreprenören skyldig att rätta felet då garantitiden oftast ligger mellan 5 och 10 år (Drift- och underhållspersonal, 2018). Dessa kontroller är mycket viktiga för att i god tid upptäcka brister och åtgärda dem, vilket är både ekonomiskt och tidsmässigt effektivt. Vanligtvis är det samma kontroller som genomförs på samtliga projekt, dock kan vissa delar inkluderas eller exkluderas beroende på dess relevans i projektet som helhet (Entreprenör, 2018).

4.2.7 Erfarenhetsåterföring

När projektet avslutas genomförs ett så kallat erfarenhetsåterföringsmöte där problem som uppstod under projektets gång lyfts upp och åtgärder som genomfördes diskuteras. Detta för att samtliga aktörer som har varit delaktiga i projektet ska dela med sig av sina erfarenheter till andra. Det finns både interna och externa erfarenhetsåterföringsmöte, där de interna är för de aktörer som var inblandade under byggskedet medan det externa är för bland annat väghållaren och de som har tagit fram förfrågningsunderlaget (projektören). Erfarenhetsåterföringen är ett bra sätt att sprida ut kunskap och erfarenheter som kan vara till stor hjälp för kommande projekt. Informationen från mötet dokumenteras för att utnyttjas ifall liknande problem uppstår i framtida projekt. Därmed kan upprepning av liknande fel undvikas (Entreprenör, 2018).

4.3 Drift och underhåll

4.3.1 Problem orsakade av vatten

Bristfällig dränering och avvattning i kombination med känsligt material, vatten och kyla kan orsaka många skador på vägen, som exempelvis tjäle, deformationer och olika sorts sprickbildningar. Förekomsten av problem i de olika skedena kan bero på vilken typ av väg det är och om det är en gammal eller en ny väg. De nya vägarna, det vill säga vägar byggda efter att ATB Väg eller TK Väg, är byggda på så sätt att de inte behöver skötas på samma sätt som de äldre vägarna, byggda enligt tidigare gällande krav i Väg 94. De äldre vägarna saknar ofta ritningar och är byggda på annorlunda sätt och med annorlunda material än dagens gällande krav i bland annat TK och TR Väg (Drift- och underhållspersonal, 2018).

De vanligaste avvattnings- och dräneringsproblemen som uppkommer på nya vägar (vägar byggda efter Väg 94) beror antingen på att vägen är byggd på en känslig bergart, det vill säga en väldigt glimmerhaltig/glimmerrik bergart som orsakar deformationer och skador upp till vägytan, eller att dränerings- och avvattningssystemet inte uppfyller sin funktion och att det alltid står vatten på eller i vägkonstruktionen (Drift- och underhållspersonal, 2018).

Det är vanligt förekommande att problemen med vattenavrinningen inte alltid beror på själva vägen, utan mest på mottagande recipienter där underhållsarbetet inte har genomförts. Vägen påverkas av detta trots att recipienten kan vara placerat flera hundra meter bort. De problem som kan försämra avvattnings- och dräneringssystemets funktion beror oftast inte på hur stark vägen är, utan mer på att det förekommer för många

komponenter som exempelvis brunnar, galler, med flera som lätt kan sättas igen och försämra hela systemet om inte underhållsarbetet görs i god tid (Drift- och underhållspersonal, 2018).

Bristfällig avvattning och dränering är kritisk för vägarnas livslängd. Det beror på att vattnet rinner in i konstruktionen genom sprickor och deformationer som sedan blir stående i vägkonstruktionen. På grund av exempelvis täta innerslänter kan vattnet förbli instängt i vägkonstruktionen och inte rinna ut i diken. Dessa brister har i praktiken mycket större betydelse för vägen än exempelvis hela och rena diken. Problemet med täta innerslänter är stort bland gamla vägar där naturliga material, oftast naturgrus med ganska hög andel sand och finsand, förekommer (Drift- och underhållspersonal, 2018).

4.3.2 Styrning av underhållsarbetet

Underhållsarbetet kan upphandlas och genomföras på olika sätt beroende på väghållarens krav. Trafikverket, som är väghållare för statliga vägar, upphandlar sina driftentreprenörer för olika driftområde med en viss begränsad geografisk yta och under en bestämd tid, som senare kan förlängas. Driftentreprenören, tillsammans med en projektledare från Trafikverket styr arbetet, där skötselkraven enligt Standardbeskrivning väg (SBV) ska uppfyllas. Där anges allt från vinterväghållning till skötsel av avvattningssystem, alléer och räcken, trummor och dikesrensning, sugning av brunnar och ledningar, kontroller mm (Drift- och underhållspersonal, 2018).

4.3.3 Åtgärdsarbetet

Det finns funktionskrav på olika komponenter i en väg. Om en brist upptäcks på någon av dessa ska det åtgärdas inom åtgärdstiden som kan variera beroende på skadans storlek, omfattning och betydelse i helheten. Generellt är det svårare att åtgärda en skada ju djupare den är belägen, som exempelvis sättningar, tjällyftningar och extremt dålig bärighet i undergrund. Maximalt acceptabel tjällyftning varierar beroende på typen av väg. Större vägar har högre jämnhetskrav (IRI-krav) och därmed accepteras inga tjälrörelser, medan för mindre vägar accepteras vissa tjälrörelser (Drift- och underhållspersonal, 2018).

Problem som uppstår på nya vägar är betydligt enklare att åtgärda i jämförelse med gamla vägar, vilket beror på att de följer gällande krav och att problemen kan lätt identifieras med hjälp av dokumentationen för den aktuella vägen. Trots kraven på detaljerad dokumentation kan en del av informationen missas, som exempelvis placering av dräneringsledningar samt anslutningen mellan dessa och exempelvis brunnar (Drift- och underhållspersonal, 2018).

De komponenter eller delar som är viktigast att underhålla i god tid för att undvika avvattnings- och dräneringsproblem är de som finns närmast vägytan. Exempelvis är kanten som bildas på stödremsan och som håller kvar vattnet på vägen viktig att åtgärda omedelbart eftersom den kan leda till att vattnet leds in i vägkonstruktionen. Problematiken med vatten är att det inte krävs särskilt stora skador för att vattnet ska kunna rinna in i konstruktionen, detta ställer krav på att inte nedprioritera mindre skador både i vägytan, slänter och diken (Drift- och underhållspersonal, 2018).

Vid förekomst av problem på diken kan det leda till att vattnet leds in i vägkonstruktionen, dock längre ner. Det innebär att även om diket inte uppfyller sin riktiga funktion, är det tillräckligt djupt, det vill säga att vattennivån inte är i nivå med de obundna lagren, kommer vattnet att hamna långt ner i väggkroppen och inte riskerar att komma in och påverka väggkroppens översta del. Därför anses det vara av stor vikt att underhålla vägen omedelbart vid förekomst av vatten närmast vägytan och få ner vattnet så långt ner som möjligt. Vägkonstruktionen kan påverkas negativt vid förekomst av stående vatten i ett dike där möjligheten för att vattnet ska ledas in i vägkonstruktionen är stor. Denna problematik är obetydlig vid förekomst av djupa diken eftersom vattennivån är långt under terrassen. Trots det görs inga diken onödigt djupa då det både är kostsamt och är ett säkerhetsproblem om inga sidoräcken används (Drift- och underhållspersonal, 2018).

Underhållsarbete i form av beläggningsåtgärder på lågtrafikerade vägar och villagator utförs utifrån behov men vanligtvis ska det genomföras efter 10 - 20 år. På högtrafikerade vägar ska det genomföras oftare, mellan 5 och 10 år, eftersom vägarna slits fortare. Hur arbetet går till beror på vägens tillstånd och vilka problem som finns. Det kan vara allt från att täta sprickor till att bryta ut asfalten, fräsa in nytt stenmaterial i asfalten etc. Åtgärdsarbetet beror till största delen på typ och storlek på den aktuella skadan. Utifrån förekomst av skador eller snabbare nedbrytningar på vägöverbyggnaden, kan behovet av underhåll av avvattnings- och dräneringssystemet konstateras. Problemet i detta fall är att underhållsarbetet kommer att göras för sent då överbyggnaden redan har blivit skadad. Trafikverket genomför regelbundna mätningar av vägens tillstånd. Idealt undersöker man tillståndet med en mätning varje år eller vart tredje år, det vill säga att underhållsarbetet anpassas efter tillståndet på vägen och inte tidsintervallet mellan genomfört underhållsarbete. Samma metod används kommunalt, man anpassar underhållsarbetet efter tillståndet på vägen och inte efter ett fast tidsintervall (Drift- och underhållspersonal, 2018).

4.3.4 Åtgärdstiden

Åtgärdstiden för en skadad väg kan variera mellan en eller ett par veckor, dock får den inte överstiga en månad. Avvattnings- och dräneringsåtgärder är bland det första som genomförs under våren, innan växtligheten har kommit igång. Under sommaren genomförs inga åtgärder i avvattnings- och dräneringssystemet, men under hösten inleds arbetet på nytt och fortsätter fram mot vintern. Under vintern, när snö och tjäle förekommer, stoppas arbetet på nytt. Arbetsperioderna kan variera beroende på vilken del av landet som åtgärderna genomförs. I södra delarna av landet där det förekommer mycket mindre snö, är det möjligt att jobba i längre perioder. Men i de norra delarna, där väderförhållanden skiljer sig mycket, har det definierats att arbetet ska stoppas mellan december och mars/april då det fortfarande finns snö (Drift- och underhållspersonal, 2018).

4.3.5 Misslyckat åtgärdsarbete

Det är ovanligt att underhållsarbetet misslyckas, dock är det mer vanligt att det inte görs i god tid. Framförallt gamla asfalterade och lågtrafikerade vägar har ibland förstärkts med både grus och asfalt, istället för bara asfalt. Detta orsakade förekomst av två asfaltlager på vägen, det vill säga två täta lager. Vattnet kunde stängas in mellan dessa lager och orsaka dels deformationer i lagret emellan och dels rörelser i sidled med lager som inte hör ihop. I

dagsläget görs inga sådana lösningar, dock finns det risk att framtiden kommer att avslöja fler misslyckade metoder för underhållsarbete som i dagsläget anses vara korrekta (Drift- och underhållspersonal, 2018).

Det är därför viktigt att få upp förståelsen inom arbetet, att exempelvis belysa betydelsen av alla komponenter som ingår i en kedja och vikten av att de måste underhållas på rätt sätt. Personer som genomför underhållsarbetet ska ha genomgått en utbildning inom drift- och underhållsfrågor och hålla sig informerade om de aktuella uppdateringarna i branschen. Det är även viktigt att ha förståelse för orsaken av skadans uppkomst och vilken lösning som kan ge en bra och långvarig effekt. Arbetet följer en del tekniska dokument, bland annat Standardbeskrivning för Basunderhåll Väg (SBV) som innehåller allt ifrån okulär syn till projektering, planering och åtgärder. I samband med varje upphandling av underhållskontrakt följer en standardbeskrivning väg och en mängdförteckning på olika komponenter som exempelvis trummor, antal kilometerdiken, alléer, antal kvadratmeter slätter, med flera (Drift- och underhållspersonal, 2018).

4.3.6 Inventering av vägar

Som tidigare nämnts saknas oftast dokumentation om gamla vägars uppbyggnad och komponenter. Före den stora omorganiseringen av Vägverket, år 1992, då varje län var ett eget distrikt och då Vägverket (nuvarande Trafikverket) ägde underhållsresurserna, fanns det en vägmästare för respektive distrikt. Vägmästaren hade eget folk som hade kännedom om vägnas tillstånd och av egen erfarenhet visste var det vanligtvis uppkom problem. De kunde underhålla vägarna i god tid utan att behöva ha tillgång till dokumentation. I dagsläget finns inte dessa personer kvar i branschen och inte heller något system som beskriver vägarna. Därför har Trafikverket börjat bygga upp ett nytt system för sammanställning av kunskaper om hela vägnätet. Den första komponenten som har börjat identifieras i vägnätet är vägtrummor. Vägtrummor anses vara viktigast att identifiera eftersom de kan resultera i stora avvattnings- och dräneringsproblem då de lätt kan sättas igen och leda till bortspolningar och erosionsskador (Drift- och underhållspersonal, 2018).

För att identifiera vägtrumorns plats och skick började Trafikverket, år 2010, att genomföra inventering av vägtrummor och brunnar längs de statliga vägarna. I dagsläget har cirka 100 000 trummor registrerats i Trafikverkets databas, där målet är att registrera samtliga trummor med information om deras placering, dimension, material och kvalitet. Denna information kommer att förbättra informationen avseende de gamla vägarna som saknade dokumentation om deras komponenter. Dock är det fortfarande stor brist på information om många vägars uppbyggnad, där ritningar saknas. Många av dessa vägar var ursprungligen kostigar som med tiden gjordes bredare, högre och utvecklades med dagens beläggningar. Därmed kommer uppbyggnaden av dessa vägar att förbli okända. Efter genomförd truminventering kommer andra komponenter på sikt att identifieras och registreras i databasen (Drift- och underhållspersonal, 2018).

Vid genomförande av truminventering används externa protokoll. Inventeringar som görs kan ge olika resultat och bedömning beroende på när under året och när under dygnet inventeringen görs. Under torrperioder kan en bedömning om att systemet är felfritt göras, dock kan resultatet se annorlunda ut vid kraftig nederbörd. Därför är det av stor vikt att poängtera i dokumentationen hur väderförhållanden är vid inventeringstillfället. För ett

rättvisare resultat är det fördelaktigt att göra samma inventeringar under olika väderförhållande (Drift- och underhållspersonal, 2018).

Det finns en del vägar som inte har inventerats än. På dessa vägar sker ett underhållsarbete, som exempelvis dikesrensning och kantskärning av stödremsan samt rensning av trummor som upptäcks. Ingen dokumentation görs i detta fall, det enda som görs är att säkerställa att vattnet kan ta sig vidare och inte stoppas. Med hjälp av Lantmäteriets höjdmätning av Sverige har avrinningskartor i GIS gjorts. Med hjälp av dessa kartor har lågpunkter identifierats och en ungefärlig avrinningsväg av vattnets bestämts. Utifrån denna information blev det möjligt att identifiera trummornas placering på de gamla vägarna. Informationen från avrinningskartorna har visat sig stämma väldigt bra överens med verkligheten (Drift- och underhållspersonal, 2018).

4.4 Sammanfattande resultat – anledning till uppkomst av brister

Det finns flera anledningar bakom uppkomst av skador på vägar orsakade av vatten. Nedan beskrivs dessa för samtliga tre faser baserat på svaren från intervjuerna.

- Projektering:
 - Bristfälligt förarbete
 - Dålig kommunikation
- Produktion:
 - Bristfälligt förarbete
 - Förändrade grundförhållande
 - Dåliga väderförhållande
- Drift- och underhåll:
 - Gamla vägar saknar dokumentationer
 - Nya vägar byggda på känsliga bergarter
 - Mottagande recipienter
 - Många komponenter som kan sättas igen
 - Inte i god tid genomförda åtgärder

5. Diskussion och slutsatser

Resultatet visar att enligt de intervjuade experterna är drift och underhållsfasen den mest kritiska fasen och som kan vara avgörande för vägens livslängd. Ett bristfälligt drift- och underhållsarbete är ovanligt, dock är det ganska vanligt att det nedprioriteras eller glöms bort, vilket är den största orsaken till förekomst av skador orsakade av vatten. Bra planering och god kommunikation är nyckeln till ett felfritt projekt.

5.1 Resultatdiskussion

Projektering, produktion samt drift- och underhåll av en väg anses vara som en kedja där resultatet från varje fas påverkar den påföljande fasen. Eftersom projekteringen följer gällande krav och regler, anses det vara sällsynt att dränerings- och avvattningsproblem uppstår på grund av bristfällig projektering. Men vid förekomst av brister i projekteringsskedet, är det oftast svårt att upptäcka det förrän ett antal år efter byggandet. När problemen väl upptäcks, är de svåra att åtgärda under drift- och underhållsskedet, vilket ger en stor påverkan på vägen. Det innebär att problem orsakade av bristfällig projektering inte är vanligt förekommande, men vid deras förekomst innebär det stora och långvariga skador som är dyra, svåra och ibland till och med omöjliga att åtgärda.

Enligt de intervjuade projektörerna tycker majoriteten att flest problem i dränerings- och avvattningsystemet uppstår på grund av bristfällig drift- och underhållsarbete, men på andra hand skiljer sig svaren mellan att projekteringen eller produktionen har störst problem. Liksom projektörerna tycker entreprenörerna att flest problem i dränerings- och avvattningsystemet kan rent praktiskt uppstå på grund av bristfällig drift- och underhållsarbete då entreprenörerna rensar och kontrollerar systemet innan det lämnas över. Men efter ett antal år kan avfall samlas i ledningar, trummor och brunnar. Ifall dessa inte underhålls i god tid kan det skada hela systemet. Rent fysiskt antar entreprenörerna att risken är större för att problem skall uppstå på grund av bristfällig produktion än projektering. Risken för förekomst av en del problem i produktionsskedet finns, dock anses de inte vara lika allvarliga ifall ritningarna som följdes är felfria och inget fusk har skett under byggandet.

Drift- och underhållspersonalens svar skiljer sig i denna fråga beroende på vilken typ av väg det är. För nya vägar, byggda efter att Väg 94 ersattes med ATB Väg och nu gällande TRVK Väg, anses produktionen vara mer kritisk än drift- och underhållsarbetet då de oftast är välbyggda och behöver inte skötas lika mycket som gamla vägar. För gamla vägar som saknar ritningar om dess uppbyggnad och ingående komponenter anses drift- och underhållsarbetet vara mest kritiskt. Eventuella förseningar eller icke tillräckligt utfört drift- och underhållsarbete kan resultera i stora skador på dessa vägar. *Tabell 1* visar en sammanställning av ovannämnda resultat.

Tabell 1. Rangordning av de mest kritiska faserna enligt de intervjuade personerna.

	Projektörer	Entreprenörer	Drift- och underhållspersonal	
			Gamla vägar	Nya vägar
1	Drift- och underhåll	Drift- och underhåll	Drift- och underhåll	Produktion
2	Projektering/produktion	Produktion	Produktion	Drift- och underhåll
3	Projektering/produktion	Projektering	Projektering	Projektering

Den ovannämnda slutsatsen tyder på att den angivna hypotesen i början av arbetet stämmer delvis. Det stämmer att projekteringsfasen är den fas som har minst påverkan för uppkomst av vattenproblem i de nästkommande faserna. Dock visar det sig att drift- och underhållsarbetet är betydligt viktigare än vad som antagits och kan vara avgörande för vägens livslängd. Bra och i god tid genomfört drift- och underhållsarbete har stor påverkan på uppkomst och utveckling av vattenskador på en väg. Dock anses det att risken är stor att underhållsskedet inte prioriteras tillräckligt högt, vilket kan resultera i förekomst av stora skador på dränering- och avvattningsystemet.

Det är många intressenter som är inblandade genom hela arbetet med vägen och därför anses bra kommunikation vara av stor vikt för att eliminera risken för förekomst av konflikter som kan resultera i problem. Vanligt förekommande konflikter inom projekteringskedet sker oftast mellan belynings- och VA- projektörer. Detta på grund av att deras anordningar projekteras inom samma plats/yta, vilket kan orsaka stora bekymmer ifall ritningarna inte kontrolleras och åtgärdas i god tid. Det är viktigt att projektören alltid har en helhetsbild på projektet och dess funktioner samt inte fastnar i små detaljer som kan få projektet att underskatta viktiga delar.

När ett projekt avslutas genomförs ett så kallat erfarenhetsåterföringsmöte med samtliga aktörer som har varit delaktiga i projektet. Under mötet diskuteras erfarenheter och brister från pågående projekt i syfte att sprida kunskap till de som inte har varit delaktiga i projektet. Vid en del av dessa tillfällen tas även gamla projekt upp på nytt och diskuteras för att referera till gamla erfarenheter. Enligt kvalitetssystemen, som de flesta byggföretagen har, ställs det krav på att ha en extern erfarenhetsåterföring med väghållare efter varje avslutat projekt, där fördelar och brister med projektet diskuteras. Det är rekommenderat att ett sådant möte hålls internt där alla inblandade aktörer sammanställer och diskuterar projektet som helhet. Dock är det inte alltid det görs då det oftast nedprioriteras på grund av tidsbrist. Det ligger i projektledningens intresse ifall ett sådant möte skall hållas eller inte. De brister som uppkommer i ett projekt dokumenteras, dock är det sällan dessa dokumentationer läses igenom före en ny projektstart. Vanligtvis tas endast erfarenheten från dessa projekt till de nya. Det är därför fördelaktigt att rådfråga mycket, då alla har olika erfarenheter från olika projekt. Det är fördelaktigt att ta hjälp av dokumentation från gamla erfarenhetsåterföringsmöten, dock ska det inte förlitas på då regler och krav uppdateras konstant. Det är viktigt att inte fångas i fällan av att följa ett

krav som inte gäller längre och missa nya krav genom att endast förhålla sig till gamla erfarenheter från tidigare projekt.

Under arbetets gång med detta examensarbete diskuterades möjligheterna till upprättande av en gemensam checklista för respektive fas som kan vara till stöd under arbetsgången. Förslaget togs upp och diskuterades med samtliga intervjuade personer. Majoriteten visade ett stort intresse för framtagning av en sådan lista, dock var de skeptiska ifall det skulle vara möjligt med tanke på projektens stora variationer. Det framgick tydligt av intervjuerna att arbetssättet kan variera mycket beroende på projektets storlek, tidplan, miljön där vägen kommer att byggas och vilken entreprenadform som upphandlas. I dagsläget finns det diverse checklistor som de olika aktörerna väljer att följa beroende på deras erfarenhet och relevans i projekten. Drift- och underhållspersonalen brukar exempelvis följa Standardbeskrivning för Basunderhåll väg (SBV) som innehåller de viktigaste momenten och som anses vara en form av checklista. Det ansågs därför vara missvisande att upprätta en checklista vars ingående moment i en del fall, vid stora projekt, inte täcker hela projektet eller att det, vid mindre projekt blir onödigt många kontrollpunkter.

5.2 Metoddiskussion

Rapportens teoristudie gav en utförlig beskrivning av de olika momenten, där stor vikt lades på användning av senast uppdaterade versioner av gällande krav och råd. En del källor har några år på nacken, dock har jämförelse med dagens gällande krav gjorts för säkerställandet att informationen fortfarande är aktuell. Den viktigaste delen i rapporten är de genomförda intervjuerna som består till största del av egna resonemang och erfarenheter från de intervjuade personerna. Detta innebär att resultatdelen skulle kunna ha ett annorlunda innehåll beroende på vilka personer man väljer att intervjua. Därför är resultatet i denna rapport inte avgörande för hela systemet och dess trovärdighet kan uppfattas olika från en läsare till en annan.

Val av intervjumetoden gav ett bra resultat då den valda intervjuordningen gav möjlighet till justering av intervjufrågorna inför nästa intervjufas. Den fick även de intervjuade personerna att diskutera om brister som kan uppstå i deras eget arbete då intervjufrågorna ställdes med hänvisning till gjord intervju från tidigare fas.

5.3 Slutsatser

Samtliga faser för en väg är beroende av varandra och en brist i en av dessa kan påverka resterande faser. Det är därför av stor vikt att avvattnings- och dräneringssystemet kontrolleras innan det lämnas över till nästa fas.

Inom projekteringsfasen anser samtliga projektörer att bristfälligt förarbetet och dålig kommunikation är de största anledningarna till uppkomst av brister i projekteringsfasen som senare kan orsaka vattenskadorna. Entreprenörerna anser att bristfälligt förarbete, förändrade grundförhållanden och dåliga väderförhållanden vid byggandet är de största anledningarna till uppkomst av vattenskadorna. Drift- och underhållspersonalen tycker att saknad av dokumentationer, byggande på känsliga bergarter samt förekomst av många

avvattnings- och dräneringskomponenter som kan sättas igen är anledningar till uppkomst av vattenskador. Dock anses anledningarna inte alltid vara förknippade med själva vägen. Ibland kan problem i mottagande recipienten vara den största anledningen till förekomst av vattenskador. Däremot är alla enade om att vattenskador kan uppstå och leda till många följdproblem ifall drift- och underhållsarbetet inte genomförs i god tid.

Drift- och underhållsfasen anses vara den mest kritiska fasen för en väg vad gäller uppkomst av vattenproblem. På grund av att den är den sista och längsta fasen läggs det större krav på att regelbundna kontroller görs då ingen efterkommande fas kan upptäcka förekomst av eventuella problem. För att eliminera uppkomsten av ovannämnda risker är det viktigt att genomföra ett löpande underhåll av vägen samt att korrekta åtgärdsbeslut fattas vid rätt tidpunkt.

5.3.1 Rekommendationer

För framtida studier rekommenderas upprättande av en bredare studie som även inkluderar de vattenproblem som kan uppstå på vägsektioner som har en anslutning till exempelvis broar, tunnlar eller andra avvikande sektioner från en standardvägsektion.

Det är även fördelaktigt att göra en jämförelse med resten av världen där andra risker förekommer och annorlunda krav och råd gäller.

Referenser

- Drift- och underhållspersonal, . (2018). (S. R. Tchekhim, Intervjuare)
- Entreprenör. (2018). (S. R. Tchekhim, Intervjuare)
- Granhage, L. (2009). *Kompendium i vägbyggnad*. Göteborg: CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA, Institutionen för bygg- och miljöteknik, Avdelningen för geologi och geoteknik Grupp Väg och trafik .
- Projektör. (2018). (S. R. Tchekhim, Intervjuare)
- SMHI. (den 07 08 2018). *SMHI*. Hämtat från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologiska-begrepp-1.29125>
- Trafikverket. (2011a). *TRVK Väg - Trafikverkets tekniska krav Vägkonstruktion*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2011b). *TRVR Väg - Trafikverkets tekniska råd Vägkonstruktion*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2015a). *Krav för vägars och gators utformning*. Borlänge: Trafikverket & Sveriges Kommuner och Landsting.
- Trafikverket. (2015b). *Råd för vägars och gators utformning*. Borlänge: Trafikverket & Sveriges Kommuner och Landsting.
- Trafikverket. (den 25 06 2018). *Trafikverket*. Hämtat från <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-vagar/Vintervaghallning/>
- Wågberg, L.-G. (2003). *Bära eller brista*. Borlänge: Svenska kommunförbundet, VTI och Vägverket.
- Vägverket. (2005). *ATB Väg- Kapitel D Avvattning och dränering* . Borlänge: Vägverket.

6. Bilagor

6.1 Bilaga A

Intervjufrågor - Projektering

- Vad bör projektören tänka på innan samt under projekteringen av en väg?
- Vilka dokumentationer följer man under projekteringen? Ger gällande krav och regler en optimal utformning?
- Hur stor del av kraven förhåller man sig till vid projekteringen? När kan/brukar undantag göras? Under vilka omständigheter fattar man egna beslut? Hur går man tillväga?
- Sätts någon säkerhetsmarginal under projekteringen som beaktar förekomst av naturliga avvikelser under byggskedet?
- Finns det krav för projektörer att gå ut och se miljön som de ska projektera innan de börjar rita? Vad förhåller de sig till så att ritningarna blir så likt verkligheten som möjligt?
- Ibland anlitas projektörer från andra länder för att projektera här i Sverige, hur mycket förhåller de sig till gällande krav och regler? Genomförs någon extra kontroll för dessa projekt?
- Vilket problem, vid projekteringen, kan förkorta livslängden på vägen?
- Tas erfarenhet från tidigare projekt tillvara vid nästa projekt? Hur? Dokumenteras bristerna som uppkommer i efterhand? Kollar man igenom dokumentationerna i senare projekt?
- Hur är kommunikationen mellan projektören och uppdragsledaren?
- Vad utgår man ifrån när man väljer materialtyp runt och i botten av ett dike? Vilka problem kan uppstå vid val av fel materialtyp?
- Vad är en bra form och lutning på ett dike?
- Hur djupt kan ett dike maximalt vara? Kan djupa dike påverka vägkonstruktionen negativt, eller ju djupare desto bättre?
- Vad kan konsekvenserna vara av att välja fel dimension, lutning eller material på en vattenledning?
- Hur noggrant undersöks förekomst av eventuella förändringar i avrinningsområdet och miljön runtomkring vägen? Vad för åtgärd kan göras vid utökad strömning?

- När förekommer mest problem som kan påverka avvattnings- och dräneringssystemet negativt, projekteringen, produktionen eller underhållsarbetet? Vilken har minst påverkan?
- Finns det någon sorts checklista som ni kan förhålla er till? Vad bör en sådan lista innehålla?
- Finns det något mer nämnvärt om avvattnings- och dräneringssystemet?

6.2 Bilaga B

Intervjufrågor - Produktion

- Vad bör Entreprenören tänka på innan samt under byggandet av en väg?
- Hur ofta kontrolleras ritningarna av Entreprenören för att säkerställa att de är tekniskt möjliga att genomföra? Får uppdragsledaren tid till att genomföra detta? Hur genomförs förändringar i samråd med projektör?
- Vad är mest förekommande problem orsakat av bristfällig projektering som kan försämra avvattnings- och dräneringssystemet i vägkonstruktionen? Vilka åtgärder kan genomföras? Hur kan det undvikas i ett tidigt skede?
- Vilka är vanliga svårigheter i att utföra/bygga avvattningsanläggningen? Kritiska moment? Hur följs dessa upp? Är det kring dessa som problemen uppstår?
- Vilken komponent i avvattnings- och dräneringssystemet har stor påverkan på om systemet kan uppfylla sin funktion eller inte? Vilket kan förkorta livslängden på vägen?
- Vad för vattenproblem stötte ni på under byggandet i Hedenstorp? Hur löste ni det?
- Byggare från andra länder kan ha andra byggvanor än endast följa ritningar, hur påverkar det resultatet? Görs extra kontroll för deras arbete?
- Kan regelbundna och tidiga kontroller under byggskedet eliminera risken för följdproblem av bristfälligt byggande? Hur skulle kontrollerna i så fall kunna genomföras?
- Påverkas slutresultatet beroende på vilken årstid man bygger? När är det bäst? Hur prioriterar man utförandet kontra tidplan, om t.ex. väderförhållanden är ogynnsamma ur avvattningssynpunkt?
- Vilka åtgärder ska genomföras ifall, i efterhand, upptäcks det att tjälproblem har uppstått? Kan det undvikas i ett tidigt skede? Hur?
- Hur noggrant undersöks förekomst av eventuella förändringar i avrinningsområdet och miljön runtomkring vägen i byggskedet?
- När förekommer mest problem som kan påverka avvattnings- och dräneringssystemet negativt, projekteringen, produktionen eller underhållsarbetet? Vilken har minst påverkan?
- Tas erfarenhet från tidigare projekt tillvara vid nästa projekt? Hur? Dokumenteras bristerna? Kollar man igenom dokumentationerna i senare projekt?
- Hur kontrollerar man under produktionen att systemet fungerar innan man lämnar över det till drift- och underhåll?
- Finns det någon sorts checklista som ni kan förhålla er till? Vad bör en sådan lista innehålla?
- Finns det något mer nämnvärt om avvattnings- och dräneringssystemet?

6.3 Bilaga C

Intervjufrågor – Drift- och underhåll

- Hur ofta ska det genomförs ett underhållsarbete på en vägkonstruktion? Hur går det till?
- Vad är de vanligaste skadorna? Hur skulle dessa kunna undvikas? Hur åtgärdar man dem?
- Vad är mest förekommande problem orsakat av bristfällig produktion som kan försämra avvattnings- och dräneringssystemet i vägkonstruktionen? Vilka åtgärder kan genomföras? Kan det undvikas i ett tidigt skede?
- Vilka skador är svårast/dyrast/störst konsekvenser att åtgärda? Hur förebygger man i projektering och produktion?
- Vilken komponent är viktigast att underhålla i god tid för att undvika driftproblem i avvattning-och dräneringssystemet? Vilken komponent kräver mest omsorg?
- Vilket problem, vid underhållsarbetet, kan förkorta livslängden på vägen?
- Vad är maximalt acceptabel tjällyftning? Hur bestäms den och vad utgår man ifrån?
- Vad bör personen som är ansvarig för underhållsarbetet tänka på innan- samt under underhållsarbetet av en väg?
- Hur noggrant undersöks förekomst av eventuella förändringar i avrinningsområdet och miljön runtomkring vägen? Hur bearbetar man vägen för att kunna klara av dessa förändringar?
- När förekommer mest problem som kan påverka avvattnings- och dräneringssystemet negativt, projekteringen, produktionen eller underhållsarbetet? Vilken har minst påverkan?
- Finns det någon sorts checklista som ni kan förhålla er till? Vad bör en sådan lista innehålla?
- Finns det något mer nämnvärt om avvattnings- och dräneringssystemet?