

SBF IN A08016 – Åpen

RAPPORT



SIP-Future Rehabilitation Strategies for Physical Infrastructure. Status for infrastruktur i Norge

Bjørn Ove Lerfald, Stian Bruaset, Leif Sigurd Hafskjold, Inger-Lise Solberg, Kristin Holmøy, Hanne Louise Moe, Kristina Heilemann, Dag Bertelsen og Inge Hoff

www.sintef.no

SINTEF Byggforsk

Veg – og jernbaneteknikk

Desember 2008



SINTEF RAPPORT

SINTEF Byggforsk
Veg- og jernbaneteknikk

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøk: Høgskoleringen 7A
Telefon: 73 59 46 10
Telefaks: 73 59 14 78

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

TITTEL

SIP – Future Rehabilitation Strategies for Physical Infrastructure.
Status for infrastruktur i Norge.

FORFATTER(E)

Bjørn Ove Lerfald, Stian Bruaset, Leif Sigurd Hafskjold, Inger-Lise Solberg, Kristin Holmøy, Hanne Louise Moe, Kristina Heilemann, Dag Bertelsen, Inge Hoff

OPPDRAGSGIVER(E)

Norges forskningsråd

RAPPORTNR. SBF IN A08016	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Jørn Lindstad	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN	PROSJEKTNR. 3C0277	ANTALL SIDER OG BILAG 64
ELEKTRONISK ARKIVKODE I:\pro\3C0277 SIP Future Rehabilitation>Statusrapport\SINTEF RAPPORT SBF IN A08016-State of the art.doc	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Bjørn Ove Lerfald	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Leif Sigurd Hafskjold	
ARKIVKODE 3C0277	DATO 2008-12-23	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Inge Hoff, forskningsleder	

SAMMENDRAG

Mye av dagens infrastruktur ble bygget ut i perioden 1950 – 1970 og er i ferd med å oppnå sin forventede levetid. Vedlikeholdet har i mange tilfeller vært mangelfullt, i tillegg til at behovene har endret seg vesentlig siden infrastrukturen ble bygget. Begrensede økonomiske midler til vedlikehold, økt krav til funksjonalitet, internasjonale krav, økte krav til pålitelighet og sikkerhet, endrede klimatiske påvirkninger er alle faktorer som krever utvikling av løsninger for rehabilitering av eksisterende infrastruktur. Innledningsvis er det gjennomført en statusgjennomgang mht rehabilitering av de infrastrukturelementer som inngår i dette prosjektet.

Gjennomgangen viser at følgende tema kan framheves som aktuelle å arbeide videre med:

- Behov for avklaring av begreper
- Standarder for rehabiliteringsprosjekter
- Metodikk for valg av standard ved rehabilitering
- Samordning av rehabiliteringstiltak og kvantifisering av samordningseffekter
- Metoder for vurdering av tilstand ved rehabilitering (materialteknisk standard og restverdi)
- Metoder for utførelse av rehabiliteringstiltak
- Klimaendringers betydning for infrastrukturen
- Gjenbruk av materialer (både av eksisterende materialer og nye materialer)

Innen fagfeltet vann og avløp er det utviklet en rekke systemer som det kan være av interesse å vurdere om disse kan benyttes/utvikles til andre fagområder.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Forskning	Research
GRUPPE 2	Infrastruktur	Infrastructure
EGENVALGTE	Rehabilitering	Rehabilitation
	Vedlikehold	Maintenance

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Summary	5
2	Bakgrunn	6
3	Innledning	7
4	Optimal standard for rehabilitering	8
4.1	Generelt	8
4.1.1	Veier	8
4.1.2	Jernbane	8
4.1.3	Tunneler og undergrunnsanlegg	8
4.1.4	Havner	8
4.1.5	Vann- og avløpsanlegg	9
4.2	Standarder for ny infrastruktur	9
4.2.1	Veier	9
4.2.2	Jernbane	10
4.2.3	Tunneler og undergrunnsanlegg	10
4.2.4	Havner	10
4.2.5	Vann- og avløpsanlegg	11
4.3	Standarder for rehabilitering	12
4.3.1	Veier	12
4.3.2	Jernbane	13
4.3.3	Tunneler og undergrunnsanlegg	13
4.3.4	Havner	13
4.3.5	Vann- og avløpsanlegg	13
4.4	Metoder for valg av standard ved rehabilitering	14
4.4.1	Veier	14
4.4.2	Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler)	14
4.4.3	Tunneler og undergrunnsanlegg	14
4.4.4	Havner	15
4.4.5	Vann- og avløpsanlegg	15
5	Planlegging av rehabiliteringstiltak	16
5.1	Eksisterende regelverk	16
5.1.1	Veier	16
5.1.2	Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler)	16
5.1.3	Tunneler og undergrunnsanlegg	16
5.1.4	Havner	16
5.1.5	Vann- og avløpsanlegg	17
5.2	Tilgang på informasjon om eksisterende infrastruktur	17
5.2.1	Veier	18
5.2.2	Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler)	18
5.2.3	Tunneler og undergrunnsanlegg	18
5.2.4	Havner	18
5.2.5	Vann- og avløpsanlegg	18
5.3	Planleggingsprosesser	19
5.3.1	Veier	19
5.3.2	Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler)	19

5.3.3	Tunneler og undergrunnsanlegg.....	20
5.3.4	Havner	21
5.3.5	Vann- og avløpsanlegg.....	22
6	Tilstanden til eksisterende infrastruktur.....	25
6.1	Tilstandsvurdering.....	25
6.1.1	Veier/flyplasser	25
6.1.2	Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler).....	25
6.1.3	Tunneler og undergrunnsanlegg.....	25
6.1.4	Havner	26
6.1.5	Vann- og avløpsanlegg.....	26
6.2	Registreringmetoder	28
6.2.1	Veier	28
6.2.2	Jernbane.....	29
6.2.3	Tunneler og undergrunnsanlegg.....	30
6.2.4	Havner	30
6.2.5	Vann- og avløpsanlegg.....	33
6.3	Beregning av restverdi	35
6.3.1	Veier	35
6.3.2	Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler).....	35
6.3.3	Tunneler og undergrunnsanlegg.....	35
6.3.4	Havner	36
6.3.5	Vann- og avløpsanlegg.....	36
6.4	Bruk av data om eksisterende infrastruktur.....	37
6.4.1	Veier	37
6.4.2	Jernbane.....	38
6.4.3	Tunneler og undergrunnsanlegg.....	38
6.4.4	Havner	38
6.4.5	Vann- og avløpsanlegg.....	38
7	Design- og konstruksjonsmetoder	39
7.1	Eksisterende designkriterier	39
7.1.1	Veier	39
7.1.2	Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler).....	41
7.1.3	Tunneler og undergrunnsanlegg.....	41
7.1.4	Havner	42
7.1.5	Vann- og avløpsanlegg.....	44
7.2	Konstruksjonsmetoder.....	44
7.2.1	Veier	44
7.2.2	Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler).....	47
7.2.3	Tunneler og undergrunnsanlegg.....	48
7.2.4	Havner	48
7.2.5	Vann- og avløpsanlegg.....	50
8	Risiko og miljømessige effekter ved rehabilitering.....	52
8.1	Konsekvensutredninger	52
8.1.1	Veier	52
8.1.2	Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler).....	53
8.1.3	Tunneler og undergrunnsanlegg.....	54
8.1.4	Havner	55
8.1.5	Vann- og avløpsanlegg.....	55
8.2	Gjenbruk av materialer	55
8.2.1	Veier	55

8.2.2	Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler):.....	56
8.2.3	Tunneler og undergrunnsanlegg.....	56
8.2.4	Havner	58
8.2.5	Vann- og avløpsanlegg.....	58
8.3	Bruk av nye materialer	58
8.3.1	Veier	58
8.3.2	Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler).....	58
8.3.3	Tunneler og undergrunnsanlegg.....	58
8.3.4	Havner	58
8.3.5	Vann- og avløpsanlegg.....	58
9	Oppsummering og videre arbeid.....	60
10	Oversikt over aktuell litteratur.....	61
11	Referanser	62

1 Summary

This “State of the art” is part of the project ”Future rehabilitation strategies for physical infrastructure”, funded by the Norwegian Research Council as a SIP (Strategic Institute Programme).

A large part of the Norwegian physical infrastructure was constructed between 1950 and 1970 and is now on (or beyond) the expected service life.

The maintenance has for many years suffered from inadequate resources and funding, the performance requirements have changed dramatically and the requirement to reliability, functionality and safety is significantly stricter than they were when the infrastructure was build. In addition international requirements, climatic changes, new materials and recycling claim new techniques and methods for rehabilitation.

Introductorily there has been carried out a *State of the art* concerning the infrastructure included in this project (roads, railways, water and sewer systems, tunnels and other sub-ground structures and harbours).

The following topics seem to be necessary to develop and improve:

- Definition of notion and terminology used for rehabilitation of different infrastructures.
- Standards for rehabilitation projects.
- Methods to be used when selecting the optimal standard for the rehabilitation project.
- Development of principles for a system for holistic approach to planning of rehabilitation processes.
- Methods and systems for evaluation of condition and rest value of infrastructure prior to rehabilitation.
- Design and construction methods for performing rehabilitation projects.
- How the climatic changes affect the physical infrastructure.
- Use of new types of materials and recycling of materials.
- Coordination of infrastructure projects and quantification of coordination benefits.

In the field of water and sewer there has been developed several maintenance systems, which could be adopted/developed for other infrastructures.

2 Bakgrunn

SINTEF Byggforsk, avdeling Infrastruktur, gjennomfører i perioden 2008-2010 et Strategisk Institutt Program (SIP) med tittelen *Future Rehabilitation Strategies for Physical Infrastructure*. Prosjektet er finansiert av Forskningsrådet. En hovedmålsetning med et SIP er å bygge opp kompetanse på områder som er viktige for framtidige samfunnsaktiviteter.

I prosjektet er infrastruktur definert som veier, jernbaner, tunneler, havner og vann- og avløpssystemer. Prosjektet er organisert i fem arbeidspakker:

AP 1: Optimal standard ved rehabilitering

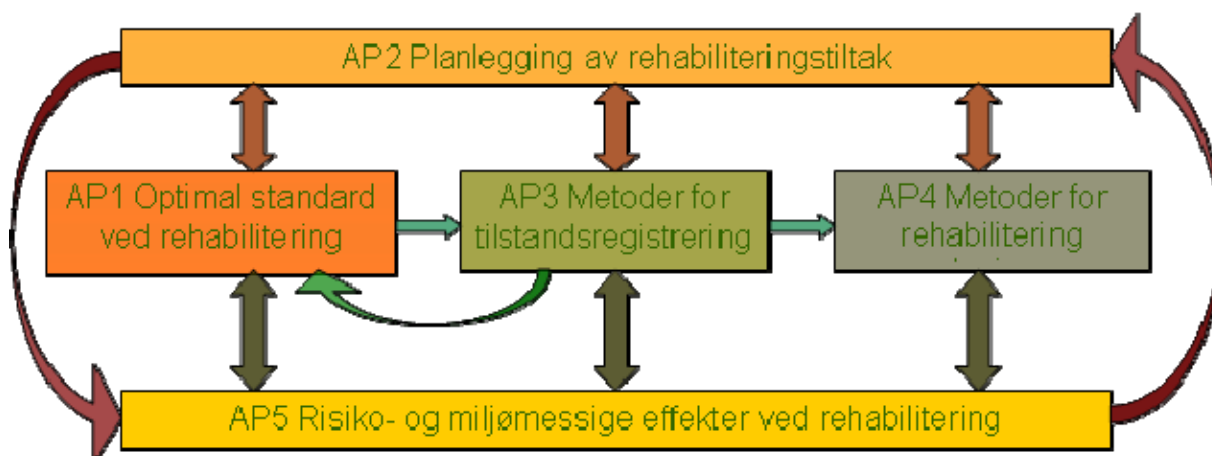
AP 2: Planlegging av rehabiliteringstiltak

AP 3: Metoder for tilstandskartlegging

AP 4: Metoder for rehabilitering

AP 5: Miljøeffekter ved rehabilitering

Det er nære koblinger og sammenhenger mellom de ulike arbeidspakker som vist i figur 1.



Figur 1 Koblinger mellom arbeidspakker i SIP

Prosjektet har en ekstern styringsgruppe med følgende sammensetning:

Senioringeniør Leif Jørgen Bakløkk

Dr. ing. Kjell Arne Skoglund

Professor Asbjørn Hovd

Dr. ing. Lillian Uthus

Senioringeniør Olav Nilssen

Senioringeniør Alf Kveen

Senioringeniør Eivind Johnsen

Dr.ing. Even Sund

Divisjonsleder Infrastruktur Anne Kristine Misund

Professor II Gilbert Svensson

Statens vegvesen

Jernbaneverket

NTNU

Kolo Veidekke

Trondheim kommune

Statens vegvesen

Kystverket

Statens vegvesen

Asplan Viak

Universitetet i Luleå

3 Innledning

Mye av dagens infrastruktur ble bygget ut i perioden 1950 – 1970 og er i ferd med å oppnå sin forventede levetid. Vedlikeholdet har i mange tilfeller vært mangelfullt, i tillegg til at behovene har endret seg vesentlig siden infrastrukturen ble bygget. Begrensede økonomiske midler til vedlikehold, økt krav til funksjonalitet, internasjonale krav, økte krav til pålitelighet og sikkerhet, endrede klimatiske påvirkninger er alle faktorer som krever utvikling av løsninger for rehabilitering av eksisterende infrastruktur.

Innledningsvis i prosjektet er det gjennomført en statusgjennomgang mht rehabilitering av de infrastrukturelementer som inngår i dette prosjektet. Beskrivelsene for de ulike fagområder er delvis basert på opplysninger fra eksterne fagpersoner i de ulike fagområder og gjennomgang av litteratur. Denne rapporten er ment å gi et innblikk i hvordan status er i de ulike fagområder og den er ikke ment å være uttømmende. Under kapitlene i denne rapporten er det gitt en separat omtale av de ulike fagområder.

4 Optimal standard for rehabilitering

4.1 Generelt

4.1.1 Veier

Statens vegvesen opererer i [10] med følgende beskrivelser av tiltak på vegnettet:

- Utbyggingsprosjekter; som gjelder nybyggingsprosjekter og større vedlikeholdsprosjekter.
- Vedlikeholdsprosjekter; vedlikeholdsprosjekter som ikke kommer inn under drift av vegnettet.
- Drift av vegnettet; dette omhandler blant annet ”Drifts- og vedlikeholdskontrakter med funksjonsansvar”. I dette ligger tiltak som opprettholder framkommeligheten på vegnettet.

Prosjekter som kan kalles rehabiliteringsprosjekter vil trolig være en mellomting mellom utbyggingsprosjekter og vedlikeholdsprosjekter.

4.1.2 Jernbane

Jernbaneverket (JBV) benytter ikke begrepet ”rehabilitering”. Innen vedlikehold skiller de mellom ”fornyelse”, ”forebyggende vedlikehold” og ”korrektivt vedlikehold”. ”Fornyelse” innebærer å skifte ut en utslitt anleggsdel med en ny. ”Forebyggende vedlikehold” omfatter inspeksjoner, kontroll og forebyggende vedlikeholdsprosjekter. ”Korrektivt vedlikehold” vil si å reparere en defekt anleggsdel slik at den kan fortsette å fylle sin funksjon. For JBV vil ”rehabilitering” derfor kunne tenkes å ligge i skjæringspunktet mellom fornyelse, forebyggende og korrektivt vedlikehold. I tillegg vil det være slik at noen tunge fornyelsesprosjekter blir ansett som ”investering”, dvs. de finansieres over et annet budsjett – investeringsbudsjettet.

4.1.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

Det er gjennomført en kartlegging av status hos Statens Vegvesen (SVV) (for veitunneler), Jernbaneverket (JBV) (for jernbanetunneler) og TrønderEnergi (TE) (for kraftverkstunneler). I tillegg er det hentet ut informasjon fra diverse veiledere/håndbøker, og hos Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE). Alle beskrivelser knyttet til NVE gjelder vannkraftanlegg generelt, og er hentet fra Veileder nr. 2-05 (Hamarsland 2005) [11].

Begrepet ”rehabilitering” benyttes noe ulikt:

- Statens Vegvesen (SVV) definerer begrepet som utbedring/oppgradering av eksisterende anlegg.
- For jernbanetunneler vises det til beskrivelse angitt ovenfor under Jernbane.
- TrønderEnergi (TE) benytter begrepet ”rehabilitering” som en større vedlikeholdsjobb og det er ment som tilbakeføring til opprinnelig tilstand.

4.1.4 Havner

I Norge finnes det ca 60 offentlige havner, som er eid av kommuner, organisert av en egen havneadministrasjon og finansiert av brukerne gjennom havneavgifter. Størstedelen av godstrafikken til sjøs går via disse havnene. Havneeierne er ansvarlig for sikkerheten og vedlikeholdet av havneinfrastrukturen. Videre finnes det 7000-8000 private og offentlige kaier langs kysten. Fordeling av ansvar og oppgaver mellom de private og det offentlige fungerer godt. Sammen med en rekke moloer, som Kystverket er ansvarlig for, danner de private og de offentlige havner kystens infrastruktur i Norge. Økende fokus på rask og sikker transport tvinger fram nye former for bygging og vedlikehold av havneinfrastrukturen.

Klimaendringer er også en viktig utfordring ved rehabilitering av eksisterende og planlagt infrastruktur.

4.1.5 Vann- og avløpsanlegg

Vann- og avløpssystemer er i en litt annen situasjon enn flere av de andre fagområdene fordi det er vanskelig å observere tilstanden. Enkelte deler kan observeres ved å gå ned i kummer, eller ved å bruke roboter med kamera inne i rørene. I en del tilfeller brukes spesielle metoder for å vurdere tilstanden til systemene, som for eksempel bygger på statistiske metoder hvor man bruker de eksisterende data for å vurdere hvordan denne tilstanden er. Beste praksis er beskrevet i rapporten *Aldrende ledningsnett* [1] som omhandler strategi av rehabilitering. Flere av rehabiliteringsverktøyene som beskrives krever gode GIS systemer med mye data.

Renseanlegg utgjør en viktig del av VA-systemene, og er samtidig en av de få delene som i sin helhet kan observeres og inspiseres med det blotte øyet.

Renseanleggets funksjon måles gjerne i forhold til ytelse, regularitet og innsatsmidler. Dersom ytelse og/eller regularitet ikke står i et riktig forhold til de innsatsmidler som forbrukes er det behov for å iverksette tiltak. Tiltakene kan være knyttet til drift, vedlikehold, organisering eller anleggstekniske forhold. Anleggstekniske tiltak kan deles inn i nybygging, ombygging og oppussing. Som definisjon på rehabilitering av et renseanlegg foreslås: *Anleggstekniske eller prosesstekniske tiltak for å sikre eller reetablere funksjonsdyktigheten på eksisterende renseanlegg i forhold til nåværende eller fremtidige ytelseskrav. Det økonomiske omfanget må være stort nok til å kreve en investering.*

4.2 Standarder for ny infrastruktur

4.2.1 Veier

Nye veier bygges etter kravene i Statens vegvesen sine vegnormaler, samt standarder (NS-EN), eller de krav som fylker eller kommuner måtte ha vedtatt for sitt vegnett. Vegnormalene inneholder krav til utforming og kvalitet på alle elementer av en veg. De mest sentrale delene av normalene i denne sammenheng er:

Håndbok 017: Veg- og gateutforming

Håndbok 018: Vegbygging

Håndbok 021: Vegtunneler

Håndbok 048: Trafikksignalanlegg

Håndbok 049: Vegoppmerking

Håndbok 237: Veg- og gatelys

Håndbok 100: Bruer og ferjekaier

Håndbok 231: Rekkverk

(<http://www.vegvesen.no/vegnormaler/>)

Disse normalene skal i utgangspunktet følges ved alle former for investeringstiltak på riksveger og fylkesveger.

Vegnormalene skal også følges ved utførelse av vedlikeholdstiltak så langt de passer.

Kravene i vegnormalene bør i prinsippet resultere i optimale løsninger for nybygging eller vedlikeholdstiltak på en veg. Det foreligger imidlertid sparsomt med analyser for å avklare om kravene er optimale.

4.2.2 Jernbane

Jernbaneverket har et eget Teknisk regelverk som legges til grunn. Teknisk regelverk omfatter alle fagområder innen jernbane og ved nye anlegg skal i utgangspunktet alle kravene i teknisk regelverk følges. I tillegg må JBV forholde seg til forskrifter gitt av SJT (Statens jernbanetilsyn), forskrifter for elektriske anlegg og ulike NS-EN-standarder (norske og europeiske standarder).

4.2.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

Statens vegvesen benytter følgende håndbøker, og rundskriv ved nye tunneler:

- Håndbok 021 Vegtunneler (2006)
- Håndbok 163 Vann og frostsikring i tunneler (2006)
- Håndbok 269 Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler, Del 1; tilpasning til ny forskrift om ny tunnelsikkerhet (tunneldirektivet) (2007).
- St.prp.nr. 63 (2005-2006) Om samtykke til godkjenning av avgjerd i EØS-komiteen nr. 10/2006 av 27. januar 2006 om innlemming i EØS-avtala av direktiv 2004/54/EF om minstekrav til tryggleik i tunnelar i det transeuropeiske vegnett.
- NA-rundskriv 2006/03; Forskrift om sikring av nye vegtunneler
- NA-rundskriv 2004/20; Typegodkjente metoder for vann og frostsikring
- NA-rundskriv 2007/03; Planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av vegtunneler

Jernbaneverket benytter følgende for tunneler:

- Jernbaneverkets Teknisk regelverk
- Jernbaneverkets Miljøhåndbok
- Jernbaneverkets Sikkerheshåndbok

I følge NVE er anlegg som har vært konsesjonsbehandlet etter vassdragslovgivningen unntatt fra en rekke byggesaksbestemmelser. Formålet med unntaksbestemmelsene er å unngå dobbeltbehandling for tiltak som underlegges likeartet behandling etter annet lovverk. For et vannkraftanlegg vil hele kraftanlegget med alle hjelpeanlegg, som for eksempel kraftstasjonsbygning, rørgate, inntak, dammer, tipper, anleggsveger, riggområder mv. være unntatt fra byggesaksbehandling. Ombygging og nybygging av vannkraftanlegg og andre anlegg i vassdrag berører en rekke lovverk og flere forvaltningsorganer blir i ulik grad involvert i prosessen. De viktigste er fylkesmannen, kommunen og fylkeskommunen.

TrønderEnergi benytter alltid retningslinjer utarbeidet av NVE.

4.2.4 Havner

Aktuelle standarder er vist i tabell 1 og 2 for hhv internasjonale og nasjonale standarder.

International Organization for Standardization ISO	http://www.iso.org
<p>ISO 21650:2007 describes the principles of determining the wave and current actions on structures of the following types in the coastal zone and estuaries:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ breakwaters; ○ rubble mound breakwaters; ○ vertical and composite breakwaters; ○ wave screens; ○ floating breakwaters; ○ coastal dykes; ○ seawalls; ○ cylindrical structures (jetties, dolphins, lighthouses, pipelines etc.). 	

Tabell 2 Aktuelle nasjonale standarder

BSI British standards for maritime structures	http://www.bsi-global.com
BS 6349-8:2007 Maritime structures. Code of practice for the design of Ro-Ro ramps, linkspans and walkways	
BS 6349-1:2000 Maritime structures. Code of practice for general criteria	
BS 6349-4:1994 Maritime structures. Code of practice for design of fendering and mooring systems	
BS 6349-7:1991 Maritime structures. Guide to the design and construction of breakwaters	
BS 6349-5:1991 Maritime structures. Code of practice for dredging and land reclamation	
BS 6349-6:1989 Maritime structures. Design of inshore moorings and floating structures	
BS 6349-3:1988 Maritime structures. Design of dry docks, locks, slipways and shipbuilding berths, shiplifts and dock and lock gates	
BS 6349-2:1988 Maritime structures. Design of quay walls, jetties and dolphins	
BS 6349-1:1984 Maritime structures. General criteria	
BS 6100-2.6:1991 Glossary of building and civil engineering terms. Civil engineering. Natural waters. Inland. Coastal. Marine	
Standard Norge	http://www.standard.no
NS 4203:1972 Karttegn for tekniske anlegg - Vassdragsanlegg	
NS 4204:1972 Karttegn for tekniske anlegg - Havneanlegg	
NS-EN 13174:2001 Katodisk beskyttelse av havneinstallasjoner	
NS-EN 14503:2003 Innlandsfartøy - Havner for innsjøfart	
NS 3420-I8:2006 Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner - Del I8: Miljø- og sikringstiltak i vassdrag	

4.2.5 Vann- og avløpsanlegg

Det fins ulike standarder, normer, forskrifter, lokale kommunale regler og lignende som gjerne totalt sett omtales som ”standarder”. Når det gjelder standarder som ligger under NS-systemet fins det standarder for rør og rørdeler, anleggsutførelse, kontrakter, rehabiliteringsprodukter m.m. Aktuelle standarder for drikkevann og avløp er vist i tabell 3.

Tabell 3 Standarder for drikkevann og avløp

Drikkevann:
NS 3420-H: <i>Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner- Del H: Grøfter, rørledninger, kummer og brønner.</i>
NS-EN 805:2000: <i>Vannforsyning - Krav til systemer og komponenter utenfor bygninger</i>
Avløp:
NS-EN 752: <i>Utvendige stikklednings- og hovedledningsystemer – Del 1-7</i>
NS 3420-H: <i>Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner- Del H: Grøfter, rørledninger, kummer og brønner.</i>
NS-EN 476:1997: <i>Generelle krav til komponenter brukt i avløpsrør og avløpsledninger for selvfallssystemer.</i>

I tillegg benyttes ulike standarder som omhandler styrkeberegninger og standarder for systemkomponenter som rør, ventiler, kummer, m.m, for eksempel NS-EN 12201-2:2003: *Rørledninger av plast for vannforsyning - Polyetylen (PE) - Del 2: Rør*

Videre benyttes leggeanvisninger fra leverandører og bransjeforeninger, for eksempel har betongindustriens bransjeorgan BASAL en "Basal standard" for produksjon av rør- og rørdeler i betong og legging av disse.

Kommuner har også egne leggeanvisninger eller normer. For eksempel har Trondheim kommune egne standard tegninger for utførelse av kummer og andre tekniske detaljer. Disse bygger normalt på et felles utgangspunkt, for eksempel har Norsk Vann laget en mal for VA-norm som mange kommuner bruker direkte eller med modifikasjoner.

Generelt er det stor variasjon i hvor stor grad de ulike standardene er kjent, og det er en tendens til at EN-standarder er mindre innarbeidet enn de norske standardene. I en del tilfeller er det faktisk en oppfatning om at EU-standarder er dårlige, og at vi heller bør bruke Nordiske samarbeid/standarder eller egne norske standarder.

4.3 Standarder for rehabilitering

Et søk på www.standard.no gav 31 treff på "rehabilitering". Av disse treffene gjelder de fleste for vann- og avløpsledninger, men noen gjelder også for andre rørsystemer (som gass). Litt av grunnen til at det ikke dukker opp flere standarder som gjelder andre typer infrastruktur (for eksempel vei) er at disse ikke er standardiserte gjennom NS.

4.3.1 Veier

Vegnormalene beskrevet under pkt. 4.2.1 gjelder også for rehabiliteringstiltak så langt de er relevante. I tillegg kommer blant annet:

- Håndbok 111 Standard for drift og vedlikehold av riksveger, med tilhørende temahefte (Intern rapport nr. 2337).

Det finnes også en rekke "spesialhåndbøker" som blant annet:

- Håndbok 049 Vegoppmerking: tekniske bestemmelser og retningslinjer for anvendelse og utforming (oppmerkingsnormal).
- Håndbok 050 Trafikkskilt.
- Håndbok 246 Asfalt 2005 – materialer og utførelse.

4.3.2 Jernbane

Jernbaneverkets Teknisk regelverk skal følges for alle nye anlegg (investeringsprosjekter). Teknisk regelverk benyttes så langt som mulig også innenfor fornyelse og korrektivt vedlikehold. I tillegg finnes en del europeisk regelverk gjennom de såkalte TSI-ene (Technical Specifications for Interoperability) – disse blir innarbeidet i Teknisk regelverk etter hvert. Regelverket spesifiserer til dels ulik standard for eksisterende anlegg og for nyanlegg.

Når det gjelder ulike deler av anlegget, følger standarden på de ulike delsystemene det enkelte fag (underbygning, overbygning, signal, kontaktledning m.m.)

4.3.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

For vegtunneler gjelder de samme håndbøkene og rundskriv som nevnt for ny infrastruktur også for rehabiliteringsprosjekt. I tillegg gjelder:

- Håndbok 111 Standard for drift og vedlikehold av riksveger, med tilhørende temahefte (Intern rapport nr. 2337).
- Håndbok 213 Helse, miljø og sikkerhet (HMS) ved arbeid i trafikkerte vegtunneler.
- Håndbok 222 Trafikksikkerhetsrevisjoner og inspeksjoner.

For jernbanetunneler gjelder det samme regelverk som beskrevet generelt for jernbane ovenfor. Tunneldirektivet (Directive 2004/54/EC) gjelder bare for veger, men det finnes en foreløpig versjon ("draft") av et direktiv for tunnelsikkerhet for jernbanen som er publisert i Official Journal of the European Union, L064, 2008. I dette forslaget står det at direktivet gjelder for nye, fornyede og oppgraderte delsystemer, men ikke for eksisterende tunneler som sådan.

Når det gjelder ulike deler av anlegget, sånn som tunnelprofilet, vann- og frostsikring, stabilitetssikring, tekniske installasjoner (lys, kommunikasjon, osv.) trafikksikkerhet/annen sikkerhet følger standarden på de ulike delsystemene det enkelte fag (fjell, signal, kontaktledning m.m.).

TrønderEnergi bruker følgende standard ved rehabilitering: "Forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg". Denne forskriften er hjemlet i Vannressursloven.

4.3.4 Havner

For havner og kaianlegg er det ikke særskilte standarder for rehabilitering av eksisterende konstruksjoner. Ved større utbedringstiltak benyttes de samme standarder som for nyanlegg.

4.3.5 Vann- og avløpsanlegg

Det fins en rekke standarder som tar for seg rehabilitering, både på plansida og tekniske løsninger. Tabell 4 viser en oversikt over aktuelle standarder og veiledninger.

Tabell 4 Aktuelle standarder og veiledninger ved rehabilitering av vann- og avløpssystemer

Drikkevann:

NS-EN 14409-1:2004: <i>Rørledninger av plast for rehabilitering av vannledningsnett i grunnen - Del 1: Generelt, Del 3: Fôring med tettsittende rør</i>
NS-EN 13689:2002: <i>Veiledning for klassifisering og utførelse av plastrørledninger brukt til rehabilitering</i>
Avløp:
<i>Sewerage Rehabilitation Manual Volume I, II and III. Water Research Centre, United Kingdom.</i>
NS-EN 13566-1:2002: <i>Rørledninger av plast for rehabilitering av trykløse avløpsledninger i grunnen - Del 1: Generelt, Del 2: Kontinuerlig fôring med rør, Del 3: Tett tilsluttende rør, Del 4: Strømpeføring herdet på stedet, Del 7: Fôring med spiralformede rør</i>
CEN/TR 15128:2005: <i>Oversikt over europeiske standarder for rehabilitering av avløpssystemer</i>
NS-EN 13689:2002: <i>Veiledning for klassifisering og utførelse av plastrørledninger brukt til rehabilitering</i>
NS-EN 13508-1:2003: <i>Tilstanden av stikklednings- og hovedledningssystemer utenfor bygninger - Del 1: Generelle krav</i>
NS-EN 752-5: <i>Utvendige stikklednings- og hovedledningssystemer – Del 5: Rehabilitering (NS-EN 752 inkluderer også del 1,2,3,4,6 og 7)</i>
NORVAR rapport nr 150/207: <i>Dataflyt, klassifisering av avløpsledninger</i>
<i>Felles nordisk manual for inspeksjon av avløpsledninger</i>

4.4 Metoder for valg av standard ved rehabilitering

4.4.1 Veier

Vegnormalene eller tilsvarende krav gjelder også i utgangspunktet ved rehabilitering. For fylkes- og kommuneveger er det rimelig å tenke seg at vegnormalenes krav til en viss grad fravikes både ved nybygging, rehabilitering og vedlikehold, men omfanget av dette er ikke kartlagt.

4.4.2 Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler)

Hvilken standard (kvalitet) man legger seg på velges i stor grad ut fra sikkerhetskrav, dernest vedlikeholdskrav. For større prosjekter utfører man gjerne en RAMS-analyse (**R**eliability (pålitelighet), **A**vailability (tilgjengelighet), **M**aintainability (vedlikeholdbarhet) og **S**afety (sikkerhet)). Kost-/nytteanalyser blir også lagt til grunn. Dessuten kan markedsmessige forhold spille inn, for eksempel i valg av tunnelprofil (dvs. tunneltverrsnitt) der togselskapene ønsker framført spesielle vogntyper.

Det er ikke alltid standarden blir hevet til dagens krav ved rehabilitering, men man prøver å tilfredsstille det som Teknisk regelverk spesifiserer. Noen ganger kan man bli nødt til å inngå kompromiss. Teknisk regelverk åpner dessuten i noen tilfeller for å differensiere mellom nybygg og eksisterende baner, et eksempel kan være at tunnelprofilen (-tverrsnittet) ikke kreves like stort for eksisterende baner som for nye.

4.4.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

Når det gjelder valg av metode for rehabilitering av vegtunneler tas det en helhetsvurdering av faglige, politiske, kost/nytte parametere. Det tas mest hensyn til faglige krav, men de andre parametere vurderes også. Ved en rehabilitering blir ikke standarden alltid hevet til dagens krav på alle punkt, men avvik fra gjeldende standard blir avgjort/godkjent av vegsjef eller vegdirektør.

Standarden som brukes av TrønderEnergi velges ut fra faglige hensyn og kost-/nytteanalyse. Ved rehabiliteringen blir standarden alltid hevet til standard for nye tunneler på alle punkter.

4.4.4 Havner

Generelt er eiere av offentlig og privat kystinfrastruktur ansvarlig for vedlikehold, og valg av standarden gjøres med hht nasjonale og internasjonale standarder og veiledninger.

4.4.5 Vann- og avløpsanlegg

All aktivitet finansieres etter selvkostprinsippet der abonnentenes vanngebyr går til vann og avløpsgebyr går til avløp. Hvis det skal utbygges store anlegg som vil få sosiale eller økonomiske store konsekvenser er det ofte at prosjektene må godkjennes politisk, men normalt tas ikke bestemmelser i forhold til prosjekter og bruk av penger av politikere. De fleste avgjørelser på bruk av standard tas derfor i vann- og avløpssektorene i de forskjellige kommunene.

Utbygging av renseanlegg har ofte store økonomiske konsekvenser, og prosjektene må godkjennes politisk selv om utbyggingen er nødvendig for å tilfredsstille myndighetenes krav. Et eksempel på dette kan være utbygging av ny behandling av drikkevann i Oslo.

Det begynner å bli mer vanlig å benytte grundigere analyser for valg av standard for rehabilitering. Life Cycle Analysis (LCA) og Life Cycle Cost (LCC) vil etter hvert legges til grunn. Innbefattet i begrepet LCA er undersøkelsen og vurderingen av de miljømessige påvirkningene av forskjellige ledningstyper og ledningsnett eller den servicen som ledningene skaper eller krever ved å eksistere. LCC viser til den totale kostnaden det er å eie en aktiva/ledning over hele dens liv.

Oslo kommune har nylig vedtatt en strategi hvor livsløpsanalyse skal benyttes for valg av materialer i ledningsnett, herunder også rehabilitering.

5 Planlegging av rehabiliteringstiltak

5.1 Eksisterende regelverk

Generelt er Plan- og bygningsloven med tilhørende forskrifter og retningslinjer det sentrale grunnlaget for planlegging av tiltak for de fleste utbyggingstiltak. Også andre lover vil ofte komme inn i bildet. Dette gjelder blant annet:

- Offentlighetsloven
- Ekspropriasjonsloven
- Forurensningsloven
- Havne- og farvannsloven
- Kommunehelsetjenesteloven
- Kulturminneloven
- Naturvernloven
- Viltloven
- Lakse- og innlandsfiskeloven
- Vassdragsloven
- Reindriftsloven
- Jordloven og skogbruksloven
- Brannvernloven

5.1.1 Veier

Omfattende rehabiliteringstiltak må planlegges og behandles i henhold til plan- og bygningsloven. I tillegg til de lover som er angitt under kap. 5.1, er Vegloven sentral.

De enkelte kommuner kan også ha interne regelverk og prosedyrer for planlegging, budsjettering og samordning i tilknytning til rehabiliteringstiltak for det kommunale vegnett. Ofte vil det dessuten være en del lokale veier som er private, men der kommunen kan ha påtatt seg ansvaret for belysning, snøbrøyting og lignende. Dette kan variere mye fra kommune til kommune og fra veg til veg.

5.1.2 Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler)

I utgangspunktet er regelverket det samme som for nyanlegg (anbud, anskaffelsesprosedyrer o.l.). Noen av disse arbeidene blir utført av egen organisasjon – JBV Drift.

5.1.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

For vegtunneler benyttes samme regelverk som for nyanlegg (anbud, anskaffelsesprosedyrer o.l.)

Trønder Energi benytter samme regelverk som for nyanlegg (anbud, anskaffelsesprosedyrer o.l.).

5.1.4 Havner

Tiltak på kystinfrastruktur er underlagt “Lov om havner og farvann”. § 8 og § 27 regulerer utbyggings- og rehabiliteringstiltak:

§ 8 (utbygging og andre tiltak)

- Kystdirektoratet kan fastsette forskrift og treffe enkeltvedtak om tekniske krav til kaianlegg og andre anlegg og havnekonstruksjoner og om hvilke oppgaver som kan utføres ved slike anlegg og konstruksjoner.
- Bygging eller andre tiltak som kan være av betydning for Forsvarets eller Kystverkets anlegg, innretninger eller virksomhet, krever tillatelse av departementet. Er det tvil om hvorvidt arbeidet eller virksomheten er av den nevnte art, skal saken forelegges departementet og vedkommende militære myndighet.
- Kongen kan bestemme at bygging av kaianlegg, andre anlegg eller konstruksjoner i havnen som er av vesentlig betydning for den sjøverts ferdsel eller innseilingsforholdene, krever tillatelse av departementet etter uttalelse fra fylkeskommunen. Departementet fastsetter bestemmelser om behandlingsmåten etter leddet her.

§ 27. (kommune- og fylkesplanlegging)

- Havneplanlegging skal inngå som en del av kommune- og fylkesplanleggingen og utføres innenfor rammen av § 8.

5.1.5 Vann- og avløpsanlegg

Følgende lover og forskrifter er viktige:

- EUs rammedirektiv for vann
- Forurensningsloven (avløp) / Forurensningsforskriften
- Dikkevannsforskriften
- Naturvernloven/Naturskadeloven
- Plan og bygningsloven
- Vannressursloven (avløp, flommer)
- Arbeidsmiljøloven
- NORVAR VA-norm

Sverige og Finland har gode erfaringer med egne VA-lover [3]. I Norge har vi ingen egen sektorlov og regelverket for VA-sektoren i dag er fragmentert. Et arbeid har blitt gjort for å samle aktuelle VA-lover, og Norsk Vann har utarbeidet en felles ”VA-jus”.

EU utvikler for tiden standarder for alle materialer og produkter i kontakt med drikkevann gjennom et felles European Acceptance Scheme (EAS). EAS betrakter materialer og produkter definert som byggesteiner og det ferdige EAS vil beskrive krav til aktuelle testmetoder for godkjenning av materialer [1].

5.2 Tilgang på informasjon om eksisterende infrastruktur

Med infrastruktur tenkes i denne sammenheng først og fremst på installasjoner i grunnen under vegområdet, samt på informasjon om den eksisterende vegkonstruksjonen. Infrastruktur som ligger i grunnen kan omfatte vann- og avløpsledninger, el-kabler, tele- og kommunikasjonskabler, fjernvarmerør, gassledninger, mm. De enkelte infrastruktureierne har i grove trekk oversikt over sine egne installasjoner, noen har slik informasjon lagret i kartbaserte informasjonssystemer, men det kan være en stor utfordring å fremskaffe slik informasjon som grunnlag for rehabilitering av veger der slike installasjoner finnes. Firmaet Geomatikk AS har utviklet et system for lagring og presentasjon av opplysninger om installasjoner i bakken, men foreløpig er det kun enkelte infrastruktureiere som lagrer data i dette systemet og kun et fåtall kommuner som benytter systemet ved planlegging av sine rehabiliteringstiltak.

5.2.1 Veier

Når det gjelder informasjon om den eksisterende vegkonstruksjonen så er mye informasjon lagret i Nasjonal vegdatabank (NVDB). I datakatalogen er det samlet beskrivelser av de fleste objekter som er viktig for vegholder. Ca 400 objekter er definert i datakatalogen [12]. NVDB vil inneholde Norges 200.000 km med vegnett samt tilhørende fagdata. NVDB skal inneholde data om statlige, kommunale, private, fylkes- og skogsbilveger. Databasen skal inneholde opplysninger om selve vegnettet, trafikken på vegnettet, vegutstyr som rekkverk, skilt, signalanlegg, kummer og sluk, samt konsekvenser av vegtrafikken som støyforhold og forurensing (<http://www.vegvesen.no/cs/Satellite?c=Page&cid=1069341123047&f=true&pagename=vegvesen%2FPage%2FSVVsubSideInnholdMal>).

Informasjonen som ønskes kan presenteres som rapporter, analyser eller temakart av forskjellig slag. Brukerne kan f.eks finne trafikk tall i Skedsmo kommune, ulykkes-statistikk for E6, kummer i Trondheim eller tunneler i Sogn og Fjordane.

Hovedmålet med NVDB er å etablere datasett og verktøy for å understøtte arbeidet med å utvikle, forvalte, drifte og vedlikeholde det offentlige vegnettet på en samfunnsnyttig måte.

I tillegg finnes data om veiens oppbygging i *Oppgravingsregisteret* og i *Dekkerregisteret*.

Oppgravingsregisteret er imidlertid ikke komplett da registreringer ble avsluttet på 90-tallet.

5.2.2 Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler)

Når det gjelder opplysninger om eksisterende infrastruktur og hvor tilgjengelig informasjonen er, så har JBV en database som heter BaneData. For tunneler finnes det i tillegg for deler av jernbanenettet en database med mer detaljert registrering av tilstand. Databasen er i ferd med å bli utvidet til å omfatte hele jernbanenettet.

5.2.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

For opplysninger om eksisterende vegtunneler benyttes Nasjonal vegdatabank (NVDB). NVDB tar vare på informasjon om alle tunneler i SVV-regi. "Plania" er et drift- og vedlikeholdssystem som initierer rutinebasert vedlikehold og registrering av anlegg. De som har utført registrering/vedlikehold kvitterer for dette når det er utført.

TrønderEnergi har sitt eget utarbeidede system for registrering av opplysningene om eksisterende tunneler. Her finnes opplysninger om tunnelverrsnitt, og delvis for fjellkvalitet. Dette er pålagt gjennom "Forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg".

5.2.4 Havner

For havneanlegg eksisterer det ingen sentral database for eksisterende anlegg. Eierne av de spesifikke anlegg har egne oversikter. Dette kan derfor variere noe fra anlegg til anlegg.

5.2.5 Vann- og avløpsanlegg

Opplysninger om eksisterende infrastruktur finnes i papirkart, GIS (digitale databaser), egne databaser for rørinspeksjon, i planer (saneringsplaner, hovedplaner), og i VA-datasystemet; Gemini VA. Dette er en geodatabase som brukes av ca 250 norske kommuner, og hvor det lagres data om ledningsnett, drift, håndterer tilbakemeldinger fra kunder, og har moduler for å registrere annen relevant informasjon. Kvaliteten på opplysninger om eksisterende vann-/avløpssystemer i

Norge er variabel. I større byer er kvaliteten normalt god. I mindre kommuner kan både kvalitet og kvantitet av eksisterende informasjon være meget varierende (for eksempel kan mange ledninger i basen mangle informasjon om material, leggear osv). Data om drift (brudd, tilstoppinger og lignende) er normalt mer mangelfull enn informasjonen om nettet. Informasjonen er for det meste godt tilgjengelig, kommuner er generelt åpne med å gi ut informasjonen om nettet.

Mange kommuner bruker FKB, som er en database som samler alle tilgjengelige kart systemer og kan inneholde informasjon om alle de aktuelle fagfelt; vann-og avløp, kai- og havneanlegg, tunneler, jernbane, veg. Dermed kan informasjonen fra de aktuelle fagfelt tilpasses hverandre.

I tillegg er det svært utbredt å lage modeller for VA-nett som gir en funksjonsbeskrivelse av systemet. Disse modellene brukes til å simulere vannstrøm i nettet. MOUSE, SWMM, MikeUrban og Epanet er navn på programmer som er laget for å beregne et avløps- og drikkevannets hydrauliske og vannkvalitetsmessige oppførsel. De hydrauliske programmene inneholder detaljinformasjon om et ledningsnetts hydrauliske egenskaper.

Renseanleggets ytelse er normalt godt kjent siden denne skal rapporteres til tilsynsmyndigheten. Kunnskapen om tilstanden til det tekniske utstyret er imidlertid svært variabel og i liten grad dokumentert.

5.3 Planleggingsprosesser

Økonomisk sett er det viktig å finne det riktige tidspunktet for rehabilitering. Tre tidspunkt for rehabilitering kan nevnes:

- ASAP (*as soon as possible*, dvs når anleggstilstand gir anledning for tiltak).
- JIT (*just in time*, dvs like før uakseptabel tilstand forekommer).
- EOL (*end of life*, dvs når ledningen brytes ned).

En analyse som er gjort for ledningsnett konkluderte med at tiltak etter ASAP økte kostnadene med 35 % i forhold til JIT [4]. Planlegge riktige tidspunkt for rehabilitering er derfor økonomisk fordelaktig.

5.3.1 Veier

Enkle rehabiliteringstiltak med karakter av vedlikeholdsoppgaver kan gjennomføres med ganske enkle planprosesser, men det må selvsagt gjennom de budsjetteringsrutiner som praktiseres hos den aktuelle vegforvaltningsinstansen.

For litt mer kompliserte rehabiliteringstiltak må planlegging skje i henhold til plan- og bygningsloven med tilhørende forskrifter og retningslinjer samt andre lover som kommer inn i bildet i det aktuelle tilfellet. For riksveger skal tiltakene utformes i henhold til gjeldende vegnormaler. I en del fylker og kommuner kan det eksistere egne vegnormaler.

Tiltak gjennomføres ut fra observert tilstandsutvikling, samt kritiske hendelser som ras, etc. Det er ikke etablert "helhetlige" prosesser for rehabilitering.

5.3.2 Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler)

Behovet for rehabilitering avdekkes gjennom kontroller/inspeksjoner i forbindelse med forebyggende vedlikehold. Disse inspeksjonene gjøres etter bestemte intervaller styrt av JBVs vedlikeholdssystem. Rehabiliteringen bestemmes ut fra regler (Teknisk regelverk og Sikkerhetshåndboka), men mye blir også styrt etter hva som er tilgjengelig av budsjettmidler.

Akutte ting blir alltid tatt. Rehabilitering planlegges ut fra beskrivelser fra kontrollbefaringer som loggføres i databasen, eller også som resultat av en større kartlegging spesifikt for ei bestemt strekning eller en bestemt type anlegg/tunnel.

Samordningen med andre (regioner, etater) skjer i hovedsak på overordnet nivå (tildeling av midler, regelverk, hovedplansarbeid o.a.), men i mindre grad på det utførende leddet. Hver region (Øst, Vest, Nord) får en rammebevilgning. Lite samarbeid med andre etater, men noe sporadisk samarbeid forekommer (for eksempel med Statens vegvesen i rasutsatt terreng).

Når det gjelder hendelser/akutte behov for rehabilitering finnes det planer både når det gjelder sikkerhet i forhold til togtrafikken og hva som skal skje videre (for eksempel utkalling av geolog).

Fornyelse planlegges ved hjelp av PriFo på grunnlag av data fra tilstandsdatabasen (Maximo). PriFo er et program for å prioritere fornyelse og vedlikeholdstiltak. Det kjøres regionale prosesser der de ulike vedlikeholdsprosjektene blir prioritert. Når det gjelder forebyggende vedlikehold er det utarbeidet såkalte generiske (generelle) arbeidsrutiner, og disse spesifiserer intervallene for det forebyggende vedlikeholdet. Lokale tilpasninger gjøres de steder der den generiske arbeidsrutinen ikke passer.

5.3.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

For vegtunneler utløses behovet for rehabilitering av skader på anlegget, nedbrytning, alder og nye krav. Rehabiliteringen kan både bestemmes ut fra hvert enkelt prosjekt, eller den er knyttet til generelle krav (lover og regler). Ved konstatert avvik på anlegget blir det (avhengig av kapasitet hos entreprenør og prosjektets omfang) satt ned en prosjektgruppe som vurderer tiltak.

Byggeledelse vil være som for større anlegg.

I den grad det er hensiktsmessig og det finnes faglige behov, blir rehabiliteringsprosjekt samordnet med andre (regioner, etater).

Ved akutte hendelser/akutte behov for rehabilitering vil en omfordeling av penger kunne finne sted og nødvendige tiltak utført. Forebyggende rehabilitering foregår gjennom vedlikeholdsrutiner (gjennom Plania).

For TrønderEnergi er det økonomi som utløser behovet for rehabilitering, og rehabiliteringen bestemmes ut fra hvert enkelt prosjekt. Rehabiliteringen planlegges på bakgrunn av økonomiske vurderinger, deretter ut fra tekniske muligheter. Det foregår ikke en samordning med andre (regioner, etater) i rehabiliteringsprosjekt. TE har beredskapsplaner i tilfelle akutte hendelser/akutte behov for rehabilitering.

Norges Vassdrags- og Energidirektorat har bestemmelser om at det før et nytt anlegg bygges, eller før ombygging av et eksisterende anlegg som er uklassifisert etter forskrift om klassifisering av vassdragsanlegg, må avklares om sikkerhetsforskriftens krav blir gjort gjeldende for planlegging, bygging og drift av anlegget. Ved bygging av nye eller ombygging av eksisterende anlegg med konsekvenser for ytre miljø skal konsesjonæren utarbeide detaljerte planer som sendes NVE for godkjenning. NVE skal normalt ikke behandle tiltak som dreier seg om ordinært vedlikehold av eksisterende anlegg og fasader. Begrepet detaljerte planer i konsesjonsvilkår omfatter alle planer som er nødvendig for å konkretisere utbygging eller ombygging av anlegg ut over detaljnivået i konsesjon. En detaljplan bør inneholde omtale av rehabiliterings- og istandsettingstiltak. De siste år har det vært relativt stor aktivitet på sikkerhetsmessig rehabilitering og fornying av eksisterende damanlegg.

5.3.4 Havner

Det meste av kystinfrastrukturen er utsatt for ekstreme klimaforhold og krever regelmessig tilstandskontroll. Konstruksjonens utforming, stabilitet og omkringliggende kystlinje er faktorer som bestemmer omfanget og hyppigheten av tilstandskontrollen. Spesielt krever elementer som er beskyttet av armert betong rutinemessig oppfølging. Gradvis nedbrytning kan forårsake store skader dersom rehabiliteringstiltak ikke blir utført til riktig tid. Tidlig detektering av skader er derfor viktig. Overvåking av moloer av betong krever et varslingsystem som kan avdekke svakheter før hele konstruksjonen bryter sammen. Overvåking av bølgehøyder og ytre påvirkninger kan benyttes til å forbedre designmetoder for moloer og havner. Avanserte overvåkningssystemer kan bidra til å gi et bilde av funksjonen til infrastrukturen [13]. Anleggene må designes, konstrueres og vedlikeholdes slik at de er funksjonelle i den forventede levetiden. Programmer for rehabilitering utføres av fagpersoner og innbefatter:

- Database
- Standarder og kriterier
- Vedlikeholdsplanlegging
- Utførelse

I de fleste tilfeller foreligger det ikke noen standardiserte løsninger og metoder ved rehabilitering. Utførelsen baseres på empiriske metoder, etablert praksis og erfaringer. Vedlikeholds planlegging er vanskelig å rettferdiggjøre gjennom nytte-/kostnads-termer. Derfor bør det utvikles et verddivurderingssystem som inneholder risiko-, økonomiske- og levetidsvurderinger. Dette for å dokumentere de samfunnsøkonomiske effekter når tiltak gjennomføres. Metoden kan inneholde følgende steg:

- Definisjon av mål og spesifikasjoner.
- Definisjon av funksjonskriterier, randbetingelser, akseptabel risiko, finansiering og levetid.
- Vurdering av input data: strukturelle og miljømessige parametere
- Modell for å beskrive konstruksjonens egenskaper
- Modell for å vurdere resultater og tiltak

En vedlikeholdsplan er en plan for bruk av nødvendig personell, materialer og utstyr. Elementer i en vedlikeholdsplan er:

- Type vedlikehold
 - Korrektivt vedlikehold: Vedlikehold som utføres når dysfunksjon har oppstått.
 - Preventivt vedlikehold: Vedlikehold som utføres for å forebygge dysfunksjon.
 - Bruk-basert preventivt vedlikehold: Vedlikehold som utføres etter foreskrevet bruk eller tidsforløp.
 - Tilstandsbasert preventivt vedlikehold: Vedlikehold som utføres når en tilstandsparameter har nådd en definert verdi.
- Systemer for periodisk inspeksjon og overvåking med visuell observasjon og måleinstrumenter for tilstandskartlegging av elementene.
- Funksjonelle krav og standarder
- Tilstandsutviklingsmodeller for beregning av tilstandsutvikling til neste inspeksjon.
- Rehabiliteringstiltak

Samordning med andre og planlegging for akutte hendelser

Ekstreme værforhold er den hyppigste årsak til ødeleggelse på kystinfrastruktur. Eierne av de ulike anlegg er ansvarlig for planlegging av krisetiltak. Eierne koordinerer også samarbeidet mellom kommuner og utførende.

5.3.5 Vann- og avløpsanlegg

Det er utviklet avanserte metoder og programmer for rehabiliteringsplanlegging av vann- og avløpsanlegg. Verktøyene forutsetter at man har, eller samler inn, gode dataregistre over infrastrukturen. De fleste kommunene i Norge bruker ikke avanserte verktøy for planlegging av rehabilitering, men bruker enklere metoder for å prioritere de ledninger de skal rehabilitere først. Slike enkle metoder kan være at de velger å rehabilitere en ledning fordi (eksempler):

- Den har hatt flere brudd/lekkasjer (drikkevann).
- De skal rehabilitere en avløpsledning og da velger de å grave opp og samtidig rehabilitere vannledningen eller omvendt.
- De skal rehabilitere veien og da velger de å rehabilitere vann- og avløpsledninger samtidig
- Det har kommet flere klager fra kunder på misfarging av vann eller lignende (drikkevann).
- Den har gått over sin egentlige levetid, selv om den kanskje fortsatt har god nok styrke og kvalitet.

Oslo kommune har over en tid bedrevet forebyggende rehabilitering av avløpsnett ved å utføre:

- Modellering i Mouse (som er en hydraulisk avløpsmodell).
- Kildesporing etter feilkilder.
- Rørinspeksjon med kamera (kalt CCTV).
- Driftserfaringer fra driftspersonale.

Det eksisterer ingen enhetlige verktøy eller metoder for rehabilitering av renseanlegg. Rehabiliteringen gjennomføres ofte for å tilfredsstille nye krav eller fordi deler av anlegget har behov for oppgradering, men uten å gjennomføre noen helhetlige vurderinger av hvilke anleggsdeler som burde inngå i rehabiliteringen.

I England, hvor mesteparten av vannforsyningen er privatisert, er det mye fokus på økonomisk avkastning av anleggene. Der vil det derfor være viktig å finne JIT for hver ledning, og del av systemet. I de fleste andre steder av Europa, hvor vannforsyningen hører til stat eller kommune, er det mer fokus på tekniske metoder og løsninger enn økonomisk avkastning. I Norge er det mer fokus på teknisk gode løsninger som gjør at levetiden blir lang og leveringssikkerheten god.

En overordnet strategi for fornyelsesplanlegging kan inneholde tre nivåer:

- strategisk
- taktisk
- operativt/teknisk.

Den strategiske planen ligger på et samlet ledningsnettnivå og inkluderer tjenestenivå, tilstand, overordnet behov for fornyelse og økonomiske behov. Den støtter hovedplaner. Den taktiske planen refererer til enkeltledninger og handler om utvelgelse og rangering av fornyelsesprosjekter. Det operativt/tekniske nivået omfatter valg av riktig teknologi til de enkelte prosjektene [1].

Verktøy som hjelper en å ta beslutninger i denne sammenheng er CARE-W og CARE-S.

I det følgende gis det en beskrivelse av de ulike strategiene.

STRATEGISK PLANLEGGING

En fornyelsesplan for en tidsperiode (for eksempel 10 år) kan ha følgende hovedpunkter [1]:

- Sikre alle innbyggers helse og miljø.
- Ledningsnett skal ha pålitelighet for å møte krav i lovgivning og tilfredsstille kundene.
- Ledningsnett skal ha nok kapasitet til å betjene alle innbyggere med vannforsyning og avløpstjenester.

En fornyelsesplan kan være delt opp i flere deler som har forskjellige tidshorisonter, som for eksempel:

- Nå: detaljplan
- 5 års horisont: saneringsplan
- 20 års horisont: hovedplan

Drivkrefter for fornyelse av vannledninger [1]:

- Pålitelige tjenester, feilrate, ledningsbrudd, tilstoppinger, oversvømmelser.
- Forurensning.
- Vanntap.
- Vannkvalitet.
- Koordinering med andre arbeider.

En overordnet strategi for fornyelsesplanlegging forutsetter en forståelse av nåværende tilstand og forventet fremtidig utvikling. Indikatorer er mye brukt for å måle oppfyllelse av tjenestemål, gjerne sammenlignet med ressurser som brukes for dette. En indikator er en kvantitativ størrelse av et bestemt aspekt ved en ledning eller et ledningsnetts ytelse eller kvalitet på service. Indikatorer hjelper til å overvåke og evaluere en lednings effektivitet.

De anbefalte indikatorene for vannforsyningsnett er [1]:

- Klager fra kunder (lukt, smak, farge, trykk, avbrutt tjeneste), samlede klager pr geografisk område, pr 1000 kunder.
- Forsyningsavbrudd (tid/kunde, planlagt/ikke planlagt).
- Ledningens tilstandsgrad.
- Brudd pr ledningslengde, år, arealtype, type ledning.
- Lekkasje, prosent av totalt produsert vann, totalt volum, volum pr enhetslengde.
- Vannforbruk, % av produsert.
- Prosjektert vannbehov om 5 år/nåværende kapasitet.
- Vannforbruk pr personekvivalent.
- Prosent av brudd, lekkasjer etc. som er reparert innen x timer etter melding.

Tilsvarende indikatorer for avløpsnett er:

- Rørtilstand i sammenheng med lokalisering.
- Antall dager avløpsmengden overstiger kapasiteten til renseanlegget.
- Blokkeringer pr år og rørlengde.
- Kollaps pr år og rørlengde, rørmateriale, alder, diameter og dato for feil.
- Prosjektert nødvendig kapasitet om 5 år/nåværende kapasitet.
- Antall leiligheter oversvømt av avløp, forårsaket av blokkeringer, feil ved utstyr, kapasitet.
- Overløp og hendelser på grunn av blokkeringer.
- Overløp pr rørlengde pr 100 abonnenter.

Størrelsen på disse indikatorene vil være med å bestemme behovet for rehabilitering. Flere byer bruker indikatorsystemet for ledningsfornyelse som ble utviklet gjennom de europeiske prosjektene CARE-W (drikkevann) og CARE-S (avløp). I disse prosjektene ble en rekke indikatorer utviklet for å analysere ledningstilstand og behov for rehabilitering, omfanget av problemer og effektiviteten av tiltak. Ved å kombinere indikatorer for tjenestekvalitet og økonomiske indikatorer, kan kost – effektivitet uttrykkes [1]. CARE-W og CARE-S deler indikatorene i følgende grupper [1]:

- Driftsindikatorer.
- Økonomiske indikatorer.

- Indikatorer for tjenestekvalitet.
- Vannressursindikatorer.
- Fysiske indikatorer (for eksempel grunnforhold, temperatur).

Vurderinger mht tjenestenivå bør også inkludere **risiko**, dvs. *sannsynligheten* for at en ønsket funksjonalitet ikke skal bli oppnådd (eller sannsynlighet for en hendelse), og *konsekvensen* av dette. En risikobasert fornyelsesplanlegging (for eksempel en ROS-analyse, Risiko og Sårbarhetsanalyse) inkluderer som første steg en beskrivelse av mulige farer, og tilhørende påvirkning. Det andre steget er en analyse av forebyggende tiltak og kostnader. Til slutt er akseptabelt risikonivå og kostnader vurdert og en strategi foreslått.

TAKTISK PLANLEGGING

CARE-W har en multikriterie-metode for rangering av kandidater (ledninger) for fornyelse, ved å bruke kriterier som leveringssikkerhet, feilhistorie og predikerte feil, vanntap, vannkvalitet, kundetilfredshet og koordinering med arbeid på annen infrastruktur. CARE-S har en tilsvarende metode for rangering av fornyelsesprosjekter på avløpsnett, basert på strukturell tilstand, kapasitet og kundetilfredshet. Ved å vekte de ulike parametere i modellen ulikt kan man se konsekvensen av dette og lage en plan for rehabilitering.

OPERATIV/TEKNISK PLANLEGGING

Teknisk planlegging omfatter bl.a. valg av riktig teknologi til et bestemt fornyelsesprosjekt.

Samordning med andre.

Rehabilitering kan planlegges med andre faggrupper, men dette er opp til de enkelte kommuner. Koordinering med arbeid på annen infrastruktur er et viktig rehabiliteringskriterium, og man bør søke å koordinere dette både gjennom kommunikasjon og ved bruk av dataverktøy.

Planlegging for akutte hendelser.

Dette er en del av beredskapen i kommunene. Risiko er en funksjon av sannsynlighet og konsekvens. Sannsynlighet kan minskes ved forebyggende arbeid, mens konsekvens kan minskes ved høy beredskap.

Planlegging ved forebyggende rehabilitering.

Ved forebyggende planlegging av rehabilitering blir det mer og mer vanlig å benytte avanserte dataprogram som CARE-S (avløp) og CARE-W (drikkevann) for rangering av kandidater for fornyelse. Man forebygger dermed akutte hendelser fordi de verste ledningene skiftes ut først. Det foreligger også mange andre program som jobber med en forebyggende rehabilitering og drift av ledningsnettene. Noen av disse programmene er:

- Hydroplan (www.hydroplan-eu.com) er laget for prioritering av forebyggende fornyelsesprosjekter. Brukes først og fremst for avløpsnett [1].
- SEAMS (www.seamsltd.com) er en kommersiell programvare utviklet for forebyggende fornyelsesplanlegging av vannledningsnett [1].
- PARMS (Pipeline Asset and Risk Management System) er et utvalg av computer baserte modeller designet for å hjelpe til i forvaltning og drift av drikkevannssystemer. Det leveres av CSIRO Urban Water i Australia (se <http://www.csiro.au/solutions/PARMSPlanning.html>).
- D-WARP er et computerbasert program utviklet av NRC-IRC i Canada for å hjelpe til i planlegging, forvaltning, drift og vedlikehold av vannforsyningsledninger. D-WARP hjelper kommuner å planlegge rehabilitering av drikkevannsledninger ved å modellere nedbryting og ødeleggelsesrate av ledningene (se http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ui/software/dwarp/index_e.html).

6 Tilstanden til eksisterende infrastruktur

6.1 Tilstandsvurdering

6.1.1 Veier/flyplasser

Tilstanden på det norske vegnettet er svært variabel og en trafikkant vil oppleve store sprang i standard i løpet av en kjøretur. Store deler av vegnettet består av veger med en standard som ikke er tilfredsstillende.

I 2005 hadde Norge 224 drepte og 977 alvorlig skadde (<http://www.ssb.no/vtuaar/arkiv/art-2006-05-11-01.html>). Det er opplagt at vegstandarden har betydning for enkelte av disse ulykkene, men hvor mange som direkte kan tilskrives dårlige veger er ikke enkelt å tallfeste. Arbeidet med å opprettholde/forbedre vegens tilstand er trolig et viktig ledd i trafikksikkerhetsarbeidet.

Vedlikeholdsetterslepet pr 01.01.2007 var kr. 14 mrd for riksveger og kr. 12 mrd for fylkesveger (2006-kroner).

Kommuneøkonomien i Norge har vært anstrengt i flere år og vedlikehold av kommunale veger har nok i mange tilfeller ikke nådd opp i prioriteringene. Dette har nok ført til at mange kommunale veger har forfalt. Hvor mye dette forfallet utgjør i verdier er det ikke gjort noen beregninger av.

Ansvar for vedlikehold av norske flyplasser er etter omorganiseringen av Avinor desentralisert slik at den enkelt flyplass har ansvaret selv og tilbudet om faglig støtte fra sentralorganisasjonen er redusert. I hvor stor grad dette har påvirket vedlikeholdsnivået er usikkert, men det er sannsynlig at det har utviklet seg forskjeller fra flyplass til flyplass. Forsvarsbygg som driver noen av flyplassene har i de siste årene gjennomført en omfattende tilstandskartlegging som grunnlag for å planlegge framtidig vedlikehold.

6.1.2 Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler)

Gjennomføring av tilstandsregistreringer (hyppighet, geografisk plassering, andre prioriteringer) styres av vedlikeholdssystemet (Maximo (tilstandsdatabase), generiske arbeidsrutiner). Hvem som utfører tilstandsregistreringene varierer etter hva som skal sjekkes og etter bestemte intervall. Tilstandskontrollene blir benyttet i forbindelse med vurdering av rehabilitering, og de blir benyttet som beslutningsgrunnlag – om tiltak skal igangsettes og når neste kontroll skal utføres.

6.1.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

For å vurdere eksisterende tilstand for vegtunneler foretas rutinekontroller (halvårlig og årlige). Det foretas også spesialregistreringer med rapporter (tilstandsregistreringer bestilt av byggherre). Tilstanden vurderes opp mot levetid. "Plania" er et drift- og vedlikeholdssystem som initierer rutinebasert vedlikehold og registrering av anlegg. De som har utført registrering/vedlikehold kvitterer for dette når det er utført. Plania benyttes for gjennomføring av tilstandsregistreringer (hyppighet, geografisk plassering, andre prioriteringer). Tilstandskontrollene blir benyttet i forbindelse med vurdering av rehabilitering. Tilstandskontrollen blir rapportert skriftlig, og det blir utført en prioritering av tiltak. Dette vidererapporteres oppover i systemet. Det er byggherre eller entreprenør (ved OPS-kontrakter (Offentlig Privat Samarbeid) er entreprenøren ansvarlig for drift og vedlikehold av tunnelen i 20-25 år), i enkelte tunneler er det inngått avtale med elektrofirma som tar tilstandskontroller og vedlikehold av det elektriske anlegg.

For å vurdere eksisterende tilstand av jernbanetunneler benyttes en metode fra O.T. Blindheim (Aagaard 2001) [15] der bl.a. risiko og kost/nytte blir beregnet. Kartlegging etter denne metoden går helt ned på detaljnivå. Enklere kontroller foretas av interne mannskaper med erfaring innen

fjellarbeid. Grundigere, men sjeldnere, kontroller utføres av geolog. Tilstandskontrollene blir benyttet i forbindelse med vurdering av rehabilitering. De blir benyttet som beslutningsgrunnlag – om sikring skal igangsettes og når neste kontroll skal utføres.

Eksisterende tilstand på TrønderEnergi sine anlegg blir bestemt ut fra visuelt tilsyn, mens tidsstyrt tilsyn blir benyttet ved gjennomføring av tilstandsregistreringer. TE har eget tilsynspersonell som utfører tilstandsregistreringene.

6.1.4 Havner

De fleste av moloene ble bygget for mer enn 60 år siden. Den estimerte levetiden for denne type anlegg er 100 år. Dette til tross så har ekstrem vær i senere tid krevd at rehabiliteringstiltak har blitt gjennomført. I 2008 ble det bevilget 10 mill NOK til rehabilitering av moloer, kaianlegg og navigasjonsinstallasjoner.

Det har vist seg at skader eller defekter på betongelementer kan føre til rask nedbrytning av konstruksjoner. Det har vært utført omfattende forskning på funksjonsegenskaper og levetid for betongkonstruksjoner langs kysten av Norge. I tillegg til kjemisk nedbrytning vil også fysisk nedbrytning kreve vedlikehold og rehabilitering i den estimerte levetiden av konstruksjonen.

6.1.5 Vann- og avløpsanlegg

Vann- og avløpsnettens tilstand varierer svært mye fra land til land og fra by til by avhengig av ledningsmateriale, alder, diameter, utførelse og grunnforhold [1]. Tilgjengelig informasjon om disse egenskapene er også variabel.

ALDRENDE LEDNINGSNETT

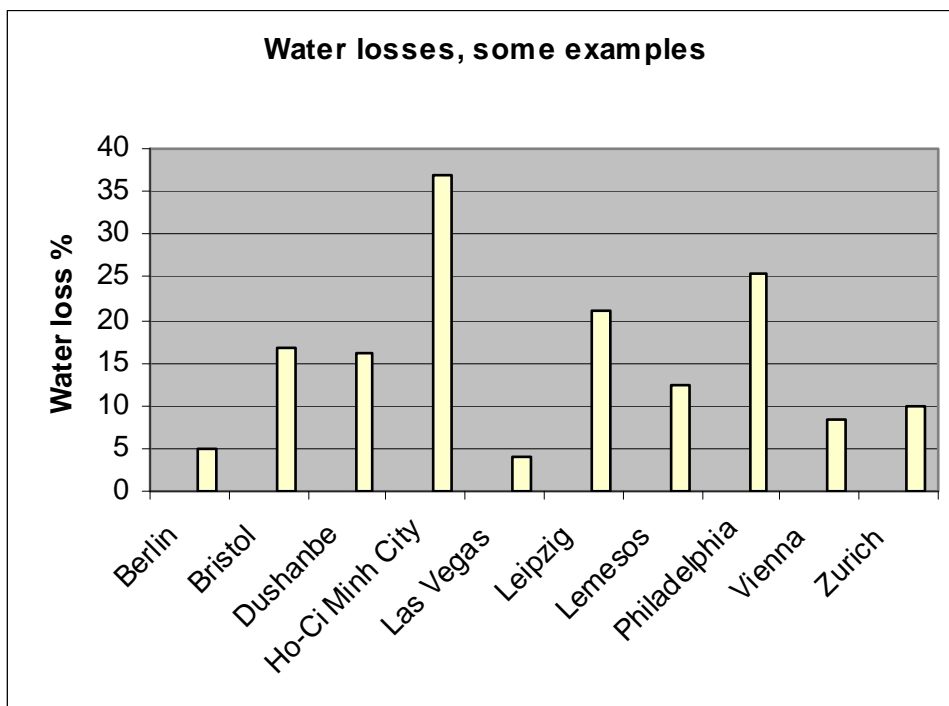
Den eldste delen av vann- og avløpsnettene oppfyller ofte ikke moderne krav til tilstand og funksjonsevne. Ledningene ble ikke bygget med materialer i henhold til regler for styrke, bestandighet og funksjon som gjelder i dag, og likeså holder ikke de fleste grøfteutførelser dagens standard. Mens omlag 1/3 av ledningsnettene er eldre enn 30 år i Sverige og Norge, så er situasjonen motsatt i andre Europeiske land. I for eksempel Italia så er 60 % av vann og avløpsnettene eldre enn 30 år.

24 ordførere i amerikanske byer ble bedt om å prioritere hvilke av 24 vannressursproblemer som var viktigst for deres by. Topp tre listen fra denne øvelsen var (USEPA 2002):

1. Aldrende ledningsnett
2. Sikkerhet og beskyttelse av ledningsnett
3. Tilstrekkelige vannressurser

DRIKKEVANNSSYSTEMET

Bruddhyppighet og vanntap (%) er de hyppigst refererte indikatorer for tilstand på vannledningsnett i Europa. Statistikk for vanntap viser store variasjoner, se figur 2. Typiske nasjonale verdier (norske verdier) varierer fra 10 til 30 %, noen byer rapporterer enda høyere lekkasjer. Beste praksis synes å kunne redusere lekkasjene til ca 5 %. For eksempel Las Vegas, som ligger i ørkenen med begrensede vannressurser, rapporterer 4 % vanntap. I Europa rapporterer Berlin, som også har meget begrensede vannressurser om et vanntap på under 5 %.



Figur 2 Vanntap i noen byer over hele verden

Lekkasjeprosenten er ofte mer et estimat enn et eksakt tall. Likevel kan det se ut som om Norge har høyere lekkasjeandel enn flere land og byer i Europa.

En ”benchmark-studie” som ble utført i 2002 av hovedledninger drikkevann sammenlignet 35 byer fra 9 land, og representerte alle deler av Europa. I gjennomsnitt 0,91 % av nettet ble rehabilitert pr år [1]. Gjennomsnittlig årlig fornyelse av det norske kommunale vannledningsnettet i perioden 2004-2006 var på 0,69 % [2]. Disse to studiene representerer ikke samme tidsperiode, men viser likevel at Norge sannsynligvis ligger litt under snittet for fornyelsestakt av drikkevannsledninger. Det er framover i Norge beregnet et årlig fornyelsesbehov pga forfall i ledningsnettet på 0,5 %. Dette betyr at alle ledninger i teorien vil måtte ligge 200 år i bakken. I praksis vil noen ledninger da ligge mye kortere og andre mye lengre. 200 år er mye når man konstruerer ledningene for en levetid på rundt 100 år.

AVLØPSNETTET

I fellessystem dreneres overvannet i samme ledning som spillvannet. I separatsystem håndteres overvannet lokalt eller dreneres i en egen ledning separat fra spillvannsledningen. Trolig er omtrent 1/3 av avløpsnettet i Norge fellessystem. Både Oslo, Trondheim og Bergen har utslipp av spillvann til elver og bekker under kraftige regnbyger på grunn av overløp fra fellesledninger. Underkapasitet eller tilstopping av ledningene er grunn til mange kjelleroversvømmelser. I en engelsk undersøkelse var 45 % av oversvømmelser på avløpsnettet forårsaket av hydraulisk overbelastning, og 40 % (>5000/år) av blokkeringer/tilstoppinger.

RENSEANLEGG

Den prosesstekniske tilstanden vurderes ut fra vannanalyser og spesifikke krav til anleggets funksjon og krav til behandlet vann. I tillegg tar en hensyn til forventet utvikling i behandlet vannmengde, forventede endringer i vannkvaliteten på innløpsvann/råvann, driftssikkerhet/oppetid og eventuelle signaler om nye krav. Det er en betydelig variasjon med hensyn til hvilke av disse elementene som inngår i vurderinger i forkant av for eksempel en

oppgradering av et biologisk rensetrinn eller ettermontering av et UV-anlegg. Forsøk der en simulerer den antatte fremtidige situasjonen er meget sjelden.

6.2 Registreringmetoder

6.2.1 Veier

Alle riksveger og asfalterte fylkesveger blir årlig undersøkt og spor, jevnhet og tekstur blir målt. Utstyr til spor og jevnhetsmåling er vist i figur 3. Disse målingene har blitt utført over flere år og de danner en solid historisk database som kan brukes til å estimere utviklingen.

Samtidig blir vegene fotografert for hver 20 m.

For de kommunale vegene er oppfølgingen mer tilfeldig og er avhengig av initiativ fra den ansvarlige. Enkelte kommuner har fått utført systematiske undersøkelser ved hjelp av eksterne konsulenter som har spesialisert seg på dette.



Figur 3 Alfred måleutstyr basert på ultralydsensorer for spormåling og lasermåler for langsgående jevnhet. (Utstyret er nå i ferd med å bli erstattet av et nytt system)

Tidligere var det vanlig å undersøke riksvegene ved hjelp av nedbøyningsmålinger (fallodd). Dette gjennomføres mer sporadisk og man har ikke systematiske målinger på vegnettet.

Siden nedbøyningsmålinger ikke gjennomføres lenger er det kun tilstandsutvikling for dekket som samles systematisk.

6.2.2 Jernbane

Nedenfor er gitt en oversikt over aktuell metodikk benyttet i Jernbaneverket (JBV) for vurdering av infrastrukturens tilstand (kilde: Alf Helge Løhren). Infrastruktur er her banelegemet med over- og underbygning inklusiv minste tverrsnitt, sporgeometri og kontaktledningsanlegget

Målevogn Roger 1000

Roger 1000 er JBV's egen målevogn bygget på slutten av 1990-tallet og kontrollerer sporgeometri, kontaktledning, skinneprofil og rifler/bølger på skinnhodets kjøreflate. Den er en hybridløsning som kan måle i opptil 200 km/h innsatt i en togstamme og 160 km/h som selvgående dieselmotorvogn, se figur 4. En stor del av datainnsamlingen er basert på laseroptikk.



Figur 4 Jernbaneverkets målevogn, Roger 1000 (kilde: Alf Helge Løhren)

Roger 1000 kontrollerer primært sporgeometrien og kontaktledningsanlegget. Feil i sporgeometrien kan ofte relatere seg direkte til feil både i overbygningen og underbygningen.

I forbindelse med tilstanden til sporgeometrien kontrolleres:

- høydefeil, venstre skinne
- høydefeil, høyre skinne
- vindskejeveht over 2 m basis
- vindskejeveht over 9 m basis
- overhøyde
- kurvatur (pilhøyde)
- sidefeil, venstre skinne
- sidefeil, høyre skinne
- sporvidde

Når kontaktledningen kontrolleres, måles:

- slag- og dynamiske krefter mellom strømvogter og kontaktledning
- sikksakken (utslag til høyre og venstre på rettlinj)
- høyde over skinnnetopp
- stigning hvor høyden endrer seg

I tillegg kan Roger 1000 kontrollere skinnslitasjeprofilet og rifler og bølger på skinnhodets kjøreflate. Hvor ofte Roger 1000 kjøres, er avhengig av kvalitetsklassen som igjen er bestemt av den maksimale hastigheten på strekningen. Feilangivelser blir nøyaktig oppgitt ved hjelp av GPS.

Maskinell ultralydkontroll av skinner

Kontroll av skinnenes tilstand med tanke på sprekkdannelser og brudd foregår med innleid ultralydtog fra eksterne entreprenørfirma, JBV's egen ultralyd vogn som kobles til Roger 1000 og/eller med manuelle, ultralydapparat på små traller. Frekvensen for kjøring av ultralydtog og manuelle kontroller er bestemt ut fra:

- maksimal hastighet på strekningen
- trafikkbelastning
- om det er en strekning med eller uten dobbelt isolerte sporfelt
- lokale tilpasninger

Kontroll av bølger og rifler på skinnhodets kjøreflate med CAT

Rifler og bølger på skinnhodets kjøreflate kan også kontrolleres med manuell måletralle av typen CAT (Corrugation Analysis Trolley). Den kjøres etter behov. Rifler og bølger kan både sees, merkes og høres i det rullende materiellet, og kan skape støy og vibrasjoner langsmed sporet.

Visuelle visitasjoner

Visuelle visitasjoner blir gjennomført gående, fra arbeidsmaskiner og/eller fra lokomotiv i rutegående tog. Både over- og underbygning og kontaktledning blir visitert på denne måten. Frekvensen er bestemt ut fra generiske arbeidsrutiner, lokale forhold og klima.

Spesielle manuelle tilstandskontroller:

For å vurdere tilstanden i sporveksler, tilbruer og i fjellskjæringer og tunneler er det egne manuelle kontroller. Frekvensen er bestemt ut fra generiske arbeidsrutiner og lokale forhold.

Sporvidde, overhøyde og vindskjevheter kan kontrolleres med manuelle spormål i spesielle punkter.

Kontroll av minste tverrsnitt

Minste tverrsnitt kontrolleres jevnlig med egne kjøretøy, gjerne med en laserstråle som sveiper 360 grader rundt, så tillatte vogn- og lokomotivkonstruksjoner kan fremføres uten å berøre fjellskjæringer, tunnelvegger, overgangsbruer, plattformer, signaler, kontaktledningsanlegg o.l.

6.2.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

Se kap 6.1.3.

6.2.4 Havner

Et kontinuerlig overvåkningssystem er det beste verktøy for å vurdere tilstanden på kystinfrastrukturen. Observasjoner av omkringliggende tilstand er også relevant for vurdering av rehabiliteringsbehov. En rekke systemer er i bruk og et utvalg er beskrevet i det følgende.

Bølgebøyer

Med en bølgebøye kan bølgetype og frekvenser måles, se figur 5. Hver passerende bølge registreres som en vertikal bevegelse. Dette gir innsikt i bølgestørrelser og bølgeaktiviteter ved nærliggende anlegg.



Figur 5 Bølg bøye (<http://www.qld.gov.au/>)

Infrarød tidevanns og bølgehøyde sensor

Figur 6 viser en infrarød tidevanns- og bølgehøyde måler som benyttes til å måle vannhøyder mellom 10 – 20 meter. Sensoren er fastmontert over vannoverflaten. Sensoren måler tiden for en infrarød puls fra den sendes ut til den reflekteres tilbake fra vannoverflaten. Tidsseriene blir benyttet til å beskrive bevegelsene i vannoverflaten.



Figur 6 *Infrarød tidevann- og bølgehøyde måler*
 (<http://www.blacknor.com/tidewavesensor.html>)

Flyfoto (tatt i lav høyde)

Flyfoto er et effektivt verktøy for oversiktsbilder over store arealer. Dette er også egnet for visuelle sammenligninger av anlegg, tatt med foto på andre tidspunkter [16].

Automatiske deformasjonsmålere basert på GPS-systemer

Et nettverk av GPS antenner installeres på konstruksjonen for konstant registrering av horisontale og vertikale bevegelser, som vist i figur 7.



Figur 7 *Fullt utstyrt GPS målestasjon [17]*

“Coastal Structure Acoustic Raster Scanner”

“The Coastal Structure Acoustic Raster Scanner” (figur 8) er et fjernstyrt, bunnplassert system bestående av en 300-kHz akkustisk transformator enhet koblet til en PC. Systemet er utviklet for overvåking av steinfyllinger som utsettes for ekstreme klimatiske påvirkninger.



Figur 8 Coastal Structure Acoustic Raster Scanner[18]

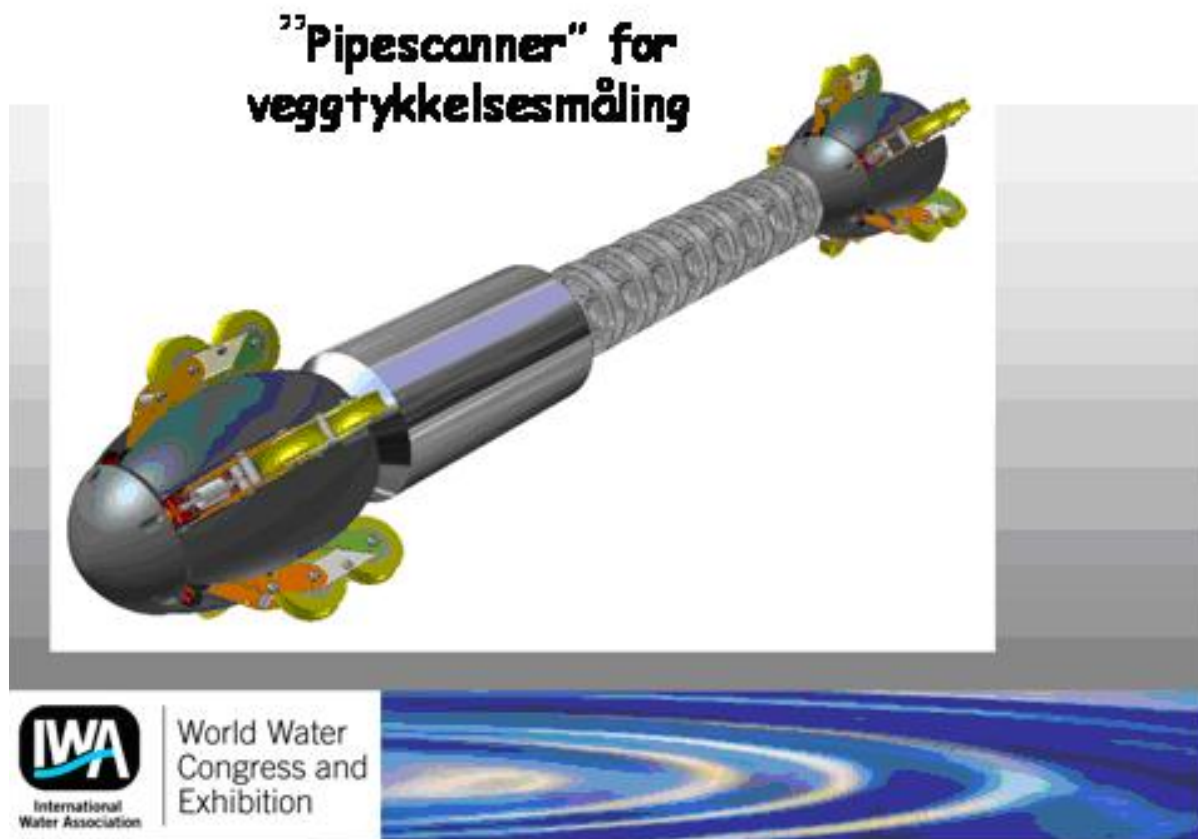
Metoder for estimering av mulige skader

Fysiske modeller og numerisk kalkulasjon benyttes for estimering av konsekvenser av skader på en konstruksjon.

6.2.5 Vann- og avløpsanlegg

DRIKKEVANN

- Pipescanner (norskutviklet teknologi, figur 9) brukes for å måle innvendig og utvendig korrosjon på metalliske drikkevannsrør med diameter over 250 mm. Pipescanneren føres gjennom rørene og måler innvendig og utvendig tykkelse (og dermed korrosjon) i veggen [5]. Hvis man vil måle rør under dette, er det utviklet et utstyr i Canada kalt ”Hydroscope” som kan måle opp til 200 mm rør.
- Lekkasjekontroll: Ved å lytte etter lekkasjer på drikkevannsledninger fåes også godt bilde av tilstanden på drikkevannsnettet.
- Rørinspeksjon: CCTV er et annet navn for rørinspeksjon med tv-kamera festet på en robot. NORVAR rapport nr 129/2003: *Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering. Hovedvannledninger*



Figur 9 Pipescanner [5]

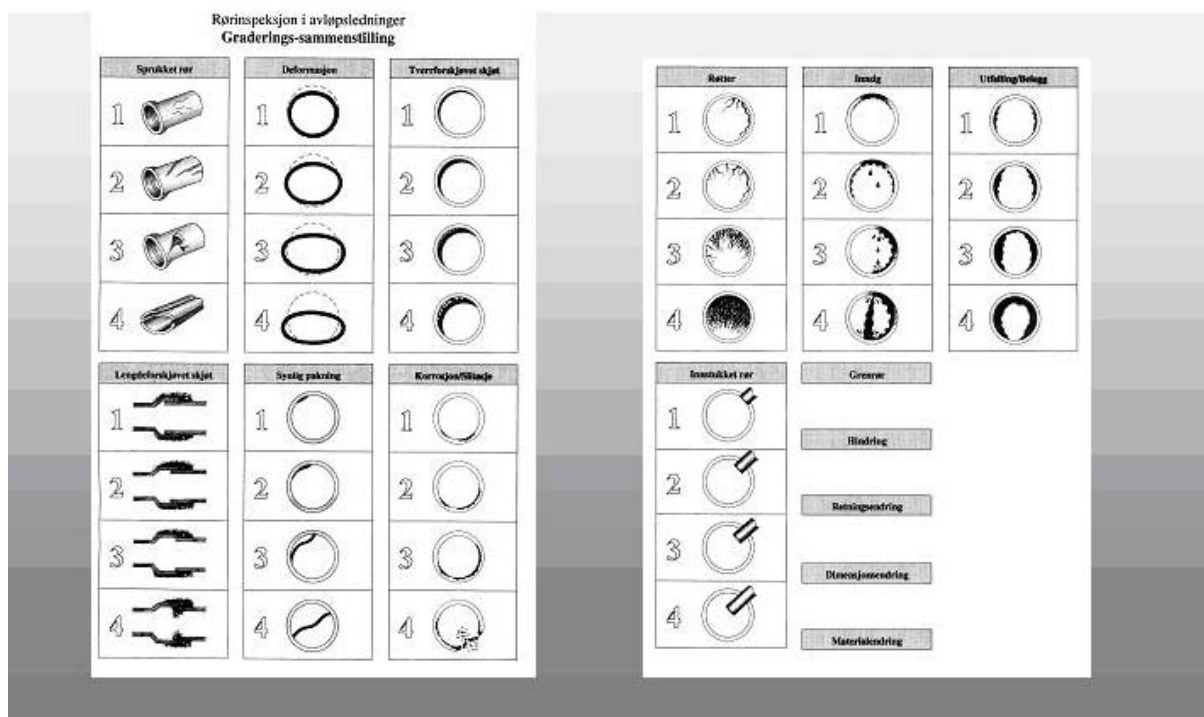
AVLØP

- Rørinspeksjon med tv-kamera. Feil kartlegges og graderes etter mal i NORVAR rapport nr 083/1998: *Rørinspeksjon med videokamera: Veiledning/Rapportering*. Denne rapporten har nå blitt oppdatert til en Nordisk standard for rørinspeksjon.

Feil som observeres er grunnlag for å beregne tilstandsklasse i hht et bestemt system. Inspeksjonsrapporter og video lagres i dag digitalt, slik at det er relativt enkelt å få tilgang. For eksempel har mange kommuner en kobling mellom Gemini VA (kartbase) og rørinspeksjoner.

Et eksempel på system for gradering av tilstand i rør er vist i figur 10.

Gradering av feil målt ved rørinspeksjon



Figur 10 Gradering av feil ved rørinspeksjon [5]

6.3 Beregning av restverdi

6.3.1 Veier

Det beregnes ikke restverdi av eksisterende vegkonstruksjoner, men det beregnes restverdi ved nytte-/kostnadsanalyser hvor levetiden for det nye anlegget er lengre enn analyseperioden som benyttes (normalt 25 år).

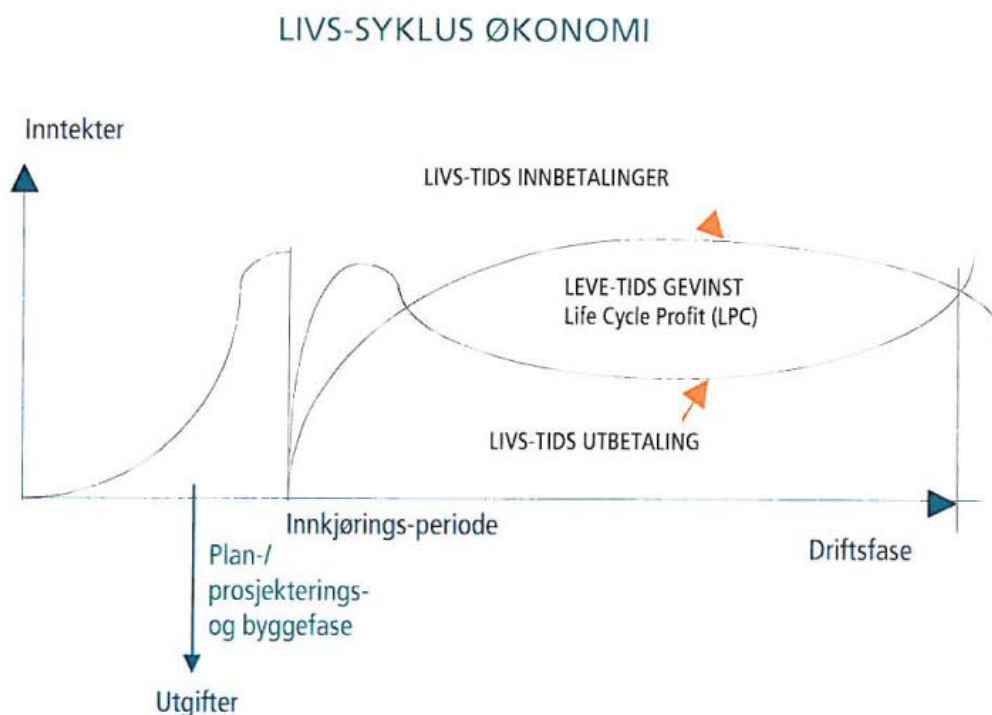
6.3.2 Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler)

Det beregnes vanligvis ikke materialtekniske parametere innen vedlikehold, med et mulig unntak for eldre bruer der man kan analysere utmatningstilstand og forventet restlevetid. Dette blir gjort ut fra en konkret vurdering av den enkelte bru, og ut fra vanlige konstruksjonsmessige prinsipper. Det finnes heller ikke metoder og verktøy for å beregne økonomisk restverdi, men det blir gjort ekspertvurderinger med tanke på restlevetid for beregninger i PriFo (verktøy som brukes i forbindelse med prioriteringer av fornyelse).

6.3.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

For vegtunneler finnes det på noen områder (f.eks. bolter) metoder og verktøy for å beregne materialtekniske parametere (f.eks. styrke). Når det gjelder verktøy for å beregne økonomisk restverdi ble det utviklet i prosjektet miljø- og samfunnstjenelige tunneler [19], men blir i liten grad benyttet. Modellen er nærmere beskrevet i SVV Intern rapport 2158 Utvikling av levetidskostnadsmodell for tunnel LCC – LCP. ("Life Cycle Cost" – "Life Cycle Profit") [20], se

figur 11. Levetidskostnader LCC for en tunnel er i sin enkleste form en summarisk oversikt over alle kostnadene for en tunnels totale levetid.



Figur 11 Livssyklusøkonomi

TrønderEnergi benytter ikke metoder og verktøy for å beregne materialtekniske parametere, men det finnes metoder og verktøy for å beregne økonomisk restverdi.

6.3.4 Havner

Et felles verktøy for beregning av restlevetid for kystinfrastruktur eksisterer ikke.

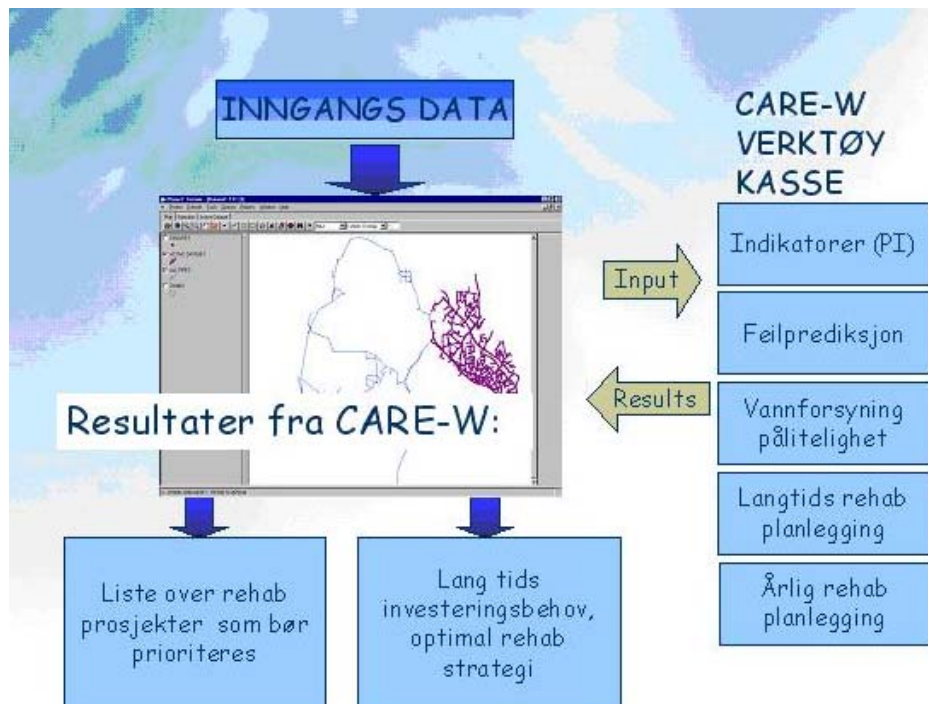
6.3.5 Vann- og avløpsanlegg

Metoder og verktøy for å beregne materialtekniske parametre:

Det finnes flere metoder som kort beskrives i det følgende:

- CARE-W/CARE-S: Visjonen for disse programmene er å gå fra reparerende tilnærming til forebyggende tilnærming av ledningsnettene. En pro-aktiv tilnærming krever derimot at man har en forståelse for ledningsnettets tilstand og forventet utvikling framover. Dette krever igjen at man registrerer gode data over ledningsnettets tilstand og at man vet hvordan man skal bruke datagrunnlaget. Programmene har moduler for indikatorer, analyse av hydrauliske forhold, statistisk analyse av data om feil i ledningsnettene og feilprediksjon, oversikt over rehabiliteringsmetoder, planlegging av langtids rehabiliteringsbehov, sosio-økonomiske konsekvenser og rangering av kandidater for rehabilitering.
- Statistiske metoder: Materialteknisk tilstand kan beregnes ved hjelp av statistiske metoder ut fra en vurdering av materiale, anleggsår, feilregistreringer etc.
- Prøvetaking av rør: prøver tas av rør fra bestemte steder. Prøvene analyseres i lab med hensyn på for eksempel korrosjon.

- Ulike modeller for korrosjonsberegninger, for eksempel en SINTEF-modell for analyse av korrosjon på jernrør.



Figur 12 Input og output fra CARE-W pakken [4]

Metoder og verktøy for å beregne økonomisk restverdi:

En metode som kan brukes er at nåverdien for ledningsnettet beregnes som fornyelseskostnadene for hele nettet minus avskrivning av eksisterende nett relatert til anleggsår [1]. Dette kan gjøres for å finne verdien på hele nettet.

En doktorgradsstudie [7] utført ved SINTEF i Trondheim i samarbeid med VAV Oslo har kommet fram til metoder for å beregne nåverdi på avløpssystem pluss verdien av enkeltledninger. Metoden kan brukes for å finne ut når man økonomisk sett bør skifte ut en avløpsledning. Denne metoden er avhengig av gode dataregistre, så som tilstoppinger og kjelleroversvømmelser.

6.4 Bruk av data om eksisterende infrastruktur

6.4.1 Veier

Tilstandsregistreringen av spor og jevnhet brukes til å prioritere hvilke strekninger som skal velges ut for reasfaltering. Det norske PMS (Pavement Management System) er et avansert databasert system som på en god måte optimaliserer bruken av begrensede midler. Dessverre er ikke dekkevedlikeholdet koordinert med andre deler av vedlikeholdet i tilstrekkelig grad. I noen regioner er det en god koordinering med for eksempel drenering. Det er imidlertid ikke noe i selve systemet som sikrer en slik samlet vurdering.

I utgangspunktet er det også meningen at disse målingene skal benyttes til å velge ut strekninger som trenger mer omfattende forsterkning. Slik SINTEF oppfatter situasjonen er det variasjoner mellom regionene og i enkelt regioner blir disse strekningene vurdert på en mer tilfeldig måte basert på enkeltpersoners kjennskap til vegnettet og enkle prioriteringer.

6.4.2 Jernbane

Det finnes en oversikt over eksisterende jernbaneinfrastruktur i databasen BaneData (Maximo), og en fjelldatabase for deler av linjenettet.

6.4.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

I Norsk Vegdatabank (NVDB) finnes det en oversikt over alle SVVs tunneler/undergrunnsanlegg.

Fornyelse av elementer i jernbanetunneler planlegges ved hjelp av PriFo på grunnlag av data fra tilstandsdatabase (Maximo).

TrønderEnergi har en oversikt over alle TEs tunneler/undergrunnsanlegg. Tilstandskontrollen blir benyttet i forbindelse med vurdering av rehabilitering, f.eks. i forbindelse med reduksjon av falltap.

6.4.4 Havner

Det finnes ikke en sentral database om eksisterende infrastruktur. Forskjellige eier av infrastrukturen stiller nødvendig informasjon til rådighet.

6.4.5 Vann- og avløpsanlegg

Registrerte data om eksisterende infrastruktur har i de senere år blitt tatt mer og mer i bruk. Tidligere ble data samlet først og fremst for å ha et kartgrunnlag. Senere ble data brukt til modeller for å beregne hydraulikk i vann og avløpsnett. Det ble også mer fokus på kundeorientering, slik at serviceindikatorer ble beregnet. Nå beveger man seg fra mer reparerende tilnærming til forebyggende tilnærming av ledningsnettene. SINTEF har benyttet deler av CARE-W og CARE-S i rundt 20 norske kommuner, og får ukentlig henvendelser fra vannverk rundt omkring i verden som ønsker å vite mer om systemene.

Det kan anslås forsiktig at 200 kommuner har brukt i gjennomsnitt ½ årsverk hvert år på å registrere data i Gemini VA. Powel, som eier Gemini i dag, har rundt 20 ansatte som jobber med utvikling og salg av systemene. Totalt sett har det dermed blitt investert mange hundre millioner kroner i datasystemet, og i å få registrert data i systemet. Dette er data som flere og flere norske kommuner nå ser verdien av å analysere i mye større grad enn hva som har vært vanlig.

I utlandet er "asset management", eller forvaltning av ledningsnett, et "hett" begrep. Det arrangeres mange konferanser med dette som tema. I USA er det i ferd med å utvikle seg til en stor industri.

7 Design- og konstruksjonsmetoder

7.1 Eksisterende designkriterier

7.1.1 Veier

Dimensjonering av forsterkning av veier gjøres i prinsippet på samme måte som for nye veier. En betraktning over registret utvikling i dekkelevetid holdt opp mot forventet levetid gir et forsterkningsbehov (F_{diff}). Forsterkning er aktuelt når dekkelevetiden er unormalt lav i forhold til det som anses som en akseptabel dekkelevetid for aktuell dekketype og trafikkbelastning (ÅDT). Forsterkning er også aktuelt når tillatt aksellast skal økes. I fastleggelsen av dekkelevetid foretas en vurdering av forhold som kan innvirke på lav dekkelevetid som vist i tabell 5.

Tabell 5 Forhold som virker inn på jevnhet og spor [28]

Forhold med innvirkning på jevnhet	Forhold med innvirkning på spor
<ul style="list-style-type: none"> - Telehiv (oppsprekking) - Svake kanter (kantsprekker, svanker) - Setninger - Feil materialbruk 	<ul style="list-style-type: none"> - Piggdekkslitasje - Feil materialbruk

På vegstrekninger hvor den registrerte dekkelevetiden er unormalt lav bør forsterkningsbehovet fastlegges med utgangspunkt i vegdekkets levetidsfaktor f , hvor f er forholdet mellom funksjonell dekkelevetid (registrert faktisk levetid) og normal dekkelevetid. Med utgangspunkt i fastsatt normal dekkelevetid, se tabell 6, og registrert faktisk dekkelevetid kan levetidsfaktoren, f , bestemmes.

Tabell 6 Normert dekkelevetid for ulike dekketyper [28]

L Dekketype	NORMERTE DEKKELEVETIDER FOR ULIKE DEKKETYPER (år)						
	ÅDT						
	< 300	300 -1500	1500 -3000	3000 -5000	5000 -10000	10000 -15000	> 15000
Ska					9 (8-10)	7 (6-8)	6 (5-7)
Ab			13 (12-14)	11 (10-12)	8 (7-9)	6 (5-7)	5 (4-6)
Agb		13 (12-14)	12 (11-13)				
Ma, Egt, Egd	14 (12-16)	12 (10-14)	10 (9-11)				

Tallene i parentes angir normale utslag, avhengig av klima og lokale forhold.
For andre dekketyper enn de angitte kan normert dekkelevetid vurderes ut fra en sammenligning med de oppgitte dekketyper.

For levetidsfaktorer over 0,7 vil nødvendig forsterkning normalt sikres gjennom ordinær dekkefornyning. For levetidsfaktorer mellom 0,7 og 0,5 skal forsterkning utføres med utgangspunkt i forsterkningsbehov som angitt i tabell 7. I tillegg skal forsterkningsbehovet undersøkes ved hjelp av oppgravingsprøver samt skadevurdering. En levetidsfaktor under 0,5 indikerer at vegkonstruksjonen har fundamentale mangler og forsterkningen bør dimensjoneres med utgangspunkt i kravene til ny veg.

Tabell 7 Forsterkningsbehov (F_{diff}) ved unormal lav opptredende dekkelevetid, uttrykt i indeksverdi [28]

U	FORSTERKNINGSBEHOV VED UNORMAL LAV OPPTREDENDE DEKKELEVETID (indeksverdi, F_{diff}) ¹⁾			
	Trafikkgruppe (N, mill.)			
Levetidsfaktor ²⁾	A (< 0,5)	B (0,5 - 1)	C (1 - 2)	D (2 - 3,5)
f = 0,8	6	6	7	8
f = 0,7	9	9	10	11
f = 0,6	12	13	14	15
f = 0,5	15	17	18	19

¹⁾ I tillegg til de oppgitte indeksverdier forutsettes at evt. spordannelse er rettet opp

²⁾ Vegdekkets levetidsfaktor, f = forholdet mellom funksjonell dekkelevetid og normalt dekkelevetid

Ved forsterkning for å øke tillatt aksellast, vil forsterkningsbehov avhenge både av ønsket økning og dekkets funksjonelle levetid.

For levetidsfaktorer under 1,2 er forsterkningsbehovet uttrykt ved F_{diff} som vist i tabell 8.

For levetidsfaktorer under 0,7 inkluderes et tillegg som tar vare på at styrken for eksisterende veg har vært lav.

Tabell 8 Forsterkningsbehov (F_{diff}) ved økning av tillatt aksellast fra 8 tonn til 10 tonn [28]

Ø	FORSTERKNINGSBEHOV VED ØKNING AV TILLATT AKSELLAST (indeksverdi, F_{diff})				
	Levetidsfaktor ¹⁾	Trafikkgruppe (N, mill.)			
Forsterkning		A (< 0,5)	B (0,5 - 1)	C (1 - 2)	D (2 - 3,5)
Fra 8 til 10 tonn	f > 0,8	12	13	14	16
	f = 0,8	18	19	21	24
	f = 0,7	21	22	24	27
	f = 0,6	24	26	28	31
	f = 0,5	27	30	32	35

¹⁾ Vegdekkets levetidsfaktor, f = forholdet mellom funksjonell dekkelevetid og normalt dekkelevetid

Normalt skal dekkelevetid være utløsende faktor for forsterkningsbehov. Det vil imidlertid ofte være behov for verifisering/justering av forsterkningsbehovet ved supplerende undersøkelser som:

- Oppgraving og bestemmelse av lagtykkelser
- Nedbøyningsmålinger
- Undersøkelser ved hjelp av DCP/CBR målinger

Valg av materialer og lagtykkelser blir i hovedsak utført ved bruk av indeksmetoden og bruk av materialfaktorer for å øke bæreevnen fra målt bæreevne opp til ønsket bæreevne. En rekke praktiske forhold tas i betraktning, som for eksempel mulig tykkelse av utlegging av de aktuelle materialer og tilgjengelige materialer og fraksjoner. Vurdering av høyden på oppbygginga i forhold til eksisterende bredde og eventuell breddeutvidelse tas også i betraktning.

Breddeutvidelse forutsetter eiendomserverv. Over myrstrekninger er det mye brukt armering for å redusere oppbygginga, samt for å holde vegkroppen sammen og samtidig sikre mot kantsvikt. Spesielle forutsetninger/bestemmelser fra vegvesenets ledelse har også tidvis styrt kvaliteten og størrelsen på forsterkningstiltaket. Eksempel på slike forutsetninger er bestemmelse om å opprettholde eksisterende dretnivå, beholde eksisterende vegbredde, ikke være nødt til å foreta eiendomsinngrep, forutsetning om å ”komme tilbake senere”, valg av billig løsning, etc.

Bevilgede midler styrer muligheten for valg av tiltak og kvaliteten på disse. Dette hevdes ofte å ikke tilfredsstillende det egentlige behovet.

7.1.2 Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler)

Rehabilitering blir en sjelden gang vurdert opp i mot bygging av ny infrastruktur, men i sånne vurderinger er det alltid økonomien som styrer. Ved vurdering av rehabiliteringsmetode inngår parametrene trafikkmengde (bruttotonn), aksellast, eksisterende sporkonstruksjon, forhold ved elektroanleggene (f. eks. type sikringsanlegg, type kontaktledningsanlegg), ytre miljø, sikkerhetsnivå og markedstilpasning. Sikkerhetsnivå er likevel det viktigste. Det utføres også nytte-kost-analyser.

Det blir ikke beregnet eksplisitt hvor lang levetid anlegg/installasjoner skal etter rehabilitering, men større arbeider blir ikke utført uten en anslagsvis levetid på minst 20-30 år.

Klimaendringer har ingen direkte betydning for valg av rehabiliteringsmetode. Men ut fra tilstandsutviklingen på det enkelte objekt kan det hende man må endre vedlikeholdet/fornyelsen (både frekvens og metode) p.g.a. klimaendringer. Dette blir tatt vare på gjennom metodikken for forebyggende vedlikehold. Det vil også over tid skje en oppgradering av Teknisk regelverk som vil ivareta hensynet til klimaendringer.

7.1.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

Rehabilitering av vegtunneler blir ofte vurdert opp i mot bygging av ny infrastruktur, men det blir nokså sjelden utført (det finnes eksempel: Måbudalen tunnel, og vegen mellom Voss og Bergen). Ved vurdering av rehabiliteringsmetode gjøres det gjerne en totalvurdering, sikkerhet (tunnel og trafikant) og vegtype er viktige parametere.

Selve tunnelen/undergrunnsanlegget skal ha 50 års levetid (men det hevdes at det bør vurderes 100-120 år). De forskjellige installasjonene inni tunnelen/undergrunnsanlegget skal ha 5-25 års levetid, overvåknings- og styringsutstyr blir ofte skiftet ut etter 5 år. Etter rehabilitering skal tunnelen/undergrunnsanlegget og installasjoner skal levetiden være som ved nyinstallasjon, men det avhenger noe av bruken.

Klimaendringer har relativt liten betydning for valg av rehabiliteringsmetode. Det kan imidlertid ha betydning for drenering og skjerming av tunnelmunnninger, hvor det må tas høyde for springflo og bekkeløp.

Jernbanetunneler/undergrunnsanlegg skal ha anslagsvis 100 års levetid, men bergkvalitet, vanninnslag og andre, mer samfunnsmessige forhold, spiller inn. Hvor lang levetid de forskjellige installasjonene inni tunnelen/undergrunnsanlegget skal ha er vanskelig å anslå, men mindre enn selve tunnelen. Miljøet har mye å si (fuktforhold, aggressivt vann o.a.).

Trønder Energi opplyser at det er vanskelig å si hvor lang levetid tunnelen/undergrunnsanlegget har, men den tekniske levetiden settes til over 100 år, mens den økonomiske til 50-100 år. Det er også vanskelig å bestemme levetiden til installasjonene, men ca. 80-100 år. Etter rehabilitering kan man anslå over 100 års levetid for anlegg og installasjoner.

Vassdragsanlegg i fjell medfører at betydelige steinmengder må deponeres. Opprinnelig tilfalt steinmassene den eller de grunneiere som eide grunnen der massen ble deponert. Steinmasser i tipp er en ressurs som det er aktuelt å utnytte. Lite gjennomtenkt lokalisering og flere tilfeller av uheldige masseuttak fra tipper, førte til at det i konsesjonsvilkår etter ca. 1965 kreves at utbygger må tilegne seg råderett over tippområder. Senere er det også slått fast at tippmassene er utbyggers eiendom. NVE skal vurdere/godkjenne alle planer om deponering og eventuell senere bruk av masse fra tipper der konsesjonæren har råderett.

7.1.4 Havner

Det er viktig ved design av kystkonstruksjoner å vurdere mulighetene for ombygginger. Spesielt vil ekstreme klimaforhold intensivere erosjonsprosessen, nye konstruksjoner og utstyr for varsling av rehabiliteringsbehov må designes mht vind, bølger, tidevann og stormer over levetiden.

Designprosessen er kompleks og må ta hensyn til følgende parametere [21]:

- Konstruksjonens formål.
- Levetiden.
- Driftsmessige forhold.
- Bruk av materialer.
- Mulige skadetyper.
- Risiko for skader.
- Krav til funksjonsstandard.
- Valg av konstruksjonsmetode.
- Økonomi.

Detaljerte inspeksjoner og vurderinger gjennomføres før prioritering av rehabiliteringsprosjekter. Valg av metode for rehabilitering vil være avhengig av forventet levetid, funksjonalitet og utforming.

Klimatiske forhold

Ekstreme klimaforhold med sterk vind og høy vannstand er årlig årsak til skader på en rekke kystkonstruksjoner, som vist i figur 13.



Figur13 Skader etter ekstreme værforhold, sterk vind og høy vannstand (Kilde: www.kystverket.no)

Framtidige klimascenarier viser at nedbørsmengden vil øke. Nedbøren kommer som snø i fjellet og skaper flommer under snøsmeltingen om våren. Høst-flommer, som opptrer relativt ofte i Sør-Norge, er et resultat av økte nedbørsmengder.

Det globale havnivået økte med ca 17 cm i løpet av det 20. århundre. Det mest realistiske scenario viser en økning av havnivået på vestkysten av Norge på ca 50 cm fram til 2070. Sterkere og hyppigere vinder forårsaker strømminger i vannmassene og mer ekstreme stormer langs kysten [22].

Rehabiliteringstiltak må ta hensyn til framtidige klimascenarier. Den eksisterende infrastrukturen må utformes slik at den kan motstå økte erosjonskrefter, sterkere stormer og høyere bølger.

Levetid

Det meste av konstruksjonene har dimensjonerende levetid på 50 år eller mer. Dette gjelder blant annet moloer og havner. Den virkelige levetiden for denne typen konstruksjoner er over hundre år. For kaianlegg for spesielle funksjoner (kommersiell transport, oljetransport, etc) er en dimensjonerende levetid på 30 år mer relevant. Den raske endring i krav til funksjonalitet i moderne transport fører til at anleggene blir umoderne relativt raskt. Moloer og konstruksjoner som skal hindre erosjon bør ha en dimensjonerende levetid på mer enn 100 år, og flomforebyggende konstruksjoner bør ha enda lengre levetid.

Den totale konstruksjonsmessige og funksjonelle levetid vil være avhengig av [23]:

- Erfaring til den som har utført beregningene
- Standarder og retningslinjer som har blitt brukt
- Materialeegenskaper (i forhold til de miljømessige påvirkninger lokalt)
- Konstruksjonutforming og kvalitet på utførelsen
- Inspeksjon og kontinuerlig vedlikehold

- Vurdering av faktorer som påvirker den totale livssyklusen
- Økonomiske vurderinger

7.1.5 Vann- og avløpsanlegg

Parametere som er bestemmende for valg av rehabiliteringsmetode er:

- Økonomi.
- Levetid for metode.
- Sosioøkonomiske betraktninger (først og fremst trafikk). Hvilken teknologi har minst negativ innvirkning på bygninger, industri, servicenæring, beboere, biltrafikk etc. rundt anleggsområdet? Her må man ta hensyn til støv, lyd, plassforbruk, stenging av veier, avstenging av vann etc.
- Beliggenhet, i sentrumsstrøk benyttes NO-DIG (se forklaring kap 7.2.5) pga vanskelig atkomst, forninner, m.m.
- Tekniske kriterier som styrke, dimensjon etter rehabilitering, rørets dybde under bakken, m.m.
- Koordinering med annen infrastruktur.

Klimaendringer/klimaforhold:

Vurdering av klimaendringer ved rehabilitering blir mer og mer vanlig. Det er eksempler på at anlegg bygges høyere over havet, og at flere regulerer alternative flomveier for å håndtere nedbør med høyere intensitet. Det er snakk om å revidere kurver for nedbørsintensitet, men norske kommuner gjør dette i liten grad foreløpig.

Hvor lang tidshorison/levetid benyttes?

I utgangspunktet planlegges og fornyes VA-anlegg for en levetid på 100 år. Dette er ikke ”opplest og vedtatt”, men er et akseptert kvalitetsnivå i bransjen. Hvis man bruker NO-DIG (reovering) aksepteres en lavere forventet levetid. Levetid er et litt komplisert begrep, det er strengt tatt ikke hensiktsmessig å snakke om levetid, men heller egenskaper eller ytelsen til røret etter for eksempel 50 år.

7.2 Konstruksjonsmetoder

7.2.1 Veier

Valg av rehabiliteringsmetoder avhenger av type tiltak og vurdering av aktuelle metoder blir vurdert i hvert enkelt prosjekt. I tabell 9 er det vist tiltak som er angitt i håndbok 018 [28].

Tabell 9 Aktuelle forsterkningstiltak for ulike formål [28]

Formål	Tiltak	Drenering	Breddeutvidelse	Dekke	Dekke + bærelag				Dekke + bærelag + forst.lag	Armering		Frostsikring	
					Bærelagstyper					Bærelagstyper: som for "dekke+bærelag"	Nett		Duk
					Vegblanding		Verksblanding						
					Cg, Cp	Sp, Gk, Fk, Fp, Pp, Eg, Sg, Bg, Gja	Cg, Cp, Vb	Ag, Ap, As, Eg, Ep, Sg, Bg, Gja					
Øke bæreevnen - sommer - teleløsningen	X	(X)	(X)	X	X	X	X	(X)	X	X			
Forlengede dekkelevetiden	X		(X)		X		X	X	X	(X)	(X)		
Overgang fra grusdekke til fast dekke	X		X		X		X	(X)	X	(X)			
Bedre framkommelighet	X	X	(X)		X		X		(X)	(X)	(X)		
Kantforsterkning	(X)	X			X		X	X	X	(X)			
Fjerne/reducere telehiv	X				X		X	(X)			X		

(X) sekundært tiltak

Valg av metoder varierer også noe mellom de ulike regioner i Statens vegvesen. I tabell 10 er det vist en oversikt over aktuelle metoder som benyttes ved forsterkning av veger i region midt, mens det i tabell 11 er vist en oversikt over aktuelle forsterkningsmetoder som er benyttet i Region Nord (Roadex-prosjektet [27]).

Tabell 10 Vanlige forsterkningsmetoder benyttet i Region midt i Norge [26]

Tiltak	Materialer	Merknader
Asfaltveg:		
Drenering	Åpen Lukket	
Bærelag Oppbygging	Pukk bærelag: Fraksjoner 0-32mm, 0-45mm, 20-90mm; med avretting/forkiling i fraksjon 0-16/22/32mm evt. bruk av Gja 0-25mm	Ved gjennombrudd og ved spesielt finstoffrik eksisterende veg brukes fiberduk. For ekstra forsterkning over myr og tynne partier, er det delvis brukt armeringsnett. Tykkelser 10-30cm
Bærelag Oppbygging	Asfaltert bærelag: Asfaltert pukk, fraksjon 0-22mm	Brukt spesielt ved forsterkning med oppbygging på eksisterende asfaltveg. Tykkelser 6-10cm.
Bærelag Stabilisering	Asfaltert bærelag: Bitumenstabilisering med skumbitumen	Skumbitumen er benyttet på både Ev, Rv og Fv. Stabilisering er utført i to trinn, med tørrfresing og oppretting, deretter stabilisering. Tykkelser har variert fra 15 til 30 cm, inklusive eksisterende asfaltdekker på fra 0 til 20 cm. Metoden er spesielt følsom for total tykkelse på overbygningen og drensforhold.
Grusveg:		
Drenering	Åpen Lukket	
Bærelag Oppbygging	Pukk-/grusbærelag Fraksjoner 0-32 til 0-45mm	Mengde finstoff i påført nytt materiale kan reduseres ved sammenblanding/-høvling med eksisterende finstoffrik dekkegrus
Forsterknings- lag	Pukk og grus i fraksjoner fra 0-45mm til 0-120mm og evt. sprengtstein	Uttrauing foretas i enkelte tilfeller, eks. fullt gjennombrudd og ved trerøtter i vegen. Grovere masser kan da brukes.

Tabell 11 Forsterkningstiltak fra Roadex prosjektet – Norge [27]

Tiltak	Materialer	Merknader
Stabilisering	Bitumenstabilisering: Skum- og emulsjonsbitumen	Både skum- og emulsjonsbitumen er benyttet. Skumteknikken er noe rimeligere, men generelle erfaringer sier at stabilisering med emulsjon gir bedre stabilitet, men skumbitumen synes å gi bedre resultat ved høyt finstoffinnhold.
	Sementstabilisering	Gode erfaringer med sementstabilisering i Troms, men noen problemer registrert når man har frostfølsom undergrunn og dårlig drenering.
	Sement- /bitumenstabilisering	En spesiell blanding av sement- og bitumenstabilisering har også blitt prøvd. Dette gav en merkbart høyere bæreevne sammenlignet med veier som var stabilisert med bare bitumenemulsjon.
Gjenbruk (Recycling)		På slutten av 1990-tallet var det en økning i in-situ gjenbruk. Det har også vært et press om å resirkulere frest asfalt som er lagret. Frest asfalt ble benyttet til å forsterke veger som lå relativt nært deponi.
Armering	Polymermodifisert bitumen (PmB)	Har blitt brukt til å tette telesprekker med godt resultat.
	Geonett	Har blitt brukt til å forebygge refleksjonssprekker i veger stabilisert med sement.
	Glassfiber kompositt	Ble benyttet som en metode for å forebygge telehiv, men mislyktes totalt.
	Geotekstiler	Har blitt benyttet ved masseutskiftninger. Har også blitt benyttet til å forsterke grusveger med nytt bærelag (15-20 cm) og slitedekke (5 cm). Geotekstilen er da brukt for å skille ikke-frostfølsomme og frostfølsomme materialer fra hverandre.
Isolering	Polystyrene	Benyttes i områder hvor det er liten tilgjengelighet på vegbyggingsmaterialer for masseutskiftninger
	Skumglass	Skulle benyttes i et forsøk sommeren 2000.
Drenering	Kantdrenering (Hydraway drain)	Har blitt testet på en veg med godt resultat. Ble benyttet i en slakk kantskråning for å forhindre at vann strømmet under vegen. Hydrodrain ble plassert 60 cm dypt og fungerte bra.
	Dypdrenering	Benyttes på lange strekninger i Norge. Tiltaket brukes for å drenere forsterkningslaget, men ikke for å forhindre problemer med telehiv. Et tørt bære- og forsterkningslag kan føre til at telen går dypere til mer frostfarlige lag. Bruk av isolasjon vurderes derfor som et bedre preventivt tiltak mot teleproblemer.
Nye materialer	Slag	Benyttes ikke i Troms, men noe benyttet i Nordland.
	Silica	Har blitt testet i noen veger.

7.2.2 Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler)

Valg av rehabiliteringsmetode blir tatt i samråd med ekspertise, noen ganger kan valg av likeverdige metoder bli avgjort av entreprenør.

7.2.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

Vanlige rehabiliteringsmetoder for vegtunneler er: utskifting av teknisk utstyr, lys og kabler, utbedring av stabilitetssikring og profilutvidelse. Omfang og hensyn til gjennomgangstrafikk, strossing, pigging, rensk og bolting er de vanligste bestemmende kriterier for valg av rehabiliteringsmetoder. Det utføres vurderinger i hvert enkelt tilfelle.

De seinere årene er det gjort mye profilutvidelser av jernbanetunneler av hensyn til togoperatørene (goods), noe utbedring av stabilitetssikring er også gjort der dette var nødvendig. Oppgradering av sikkerhetsutstyr er utført i de lengre tunnelene.

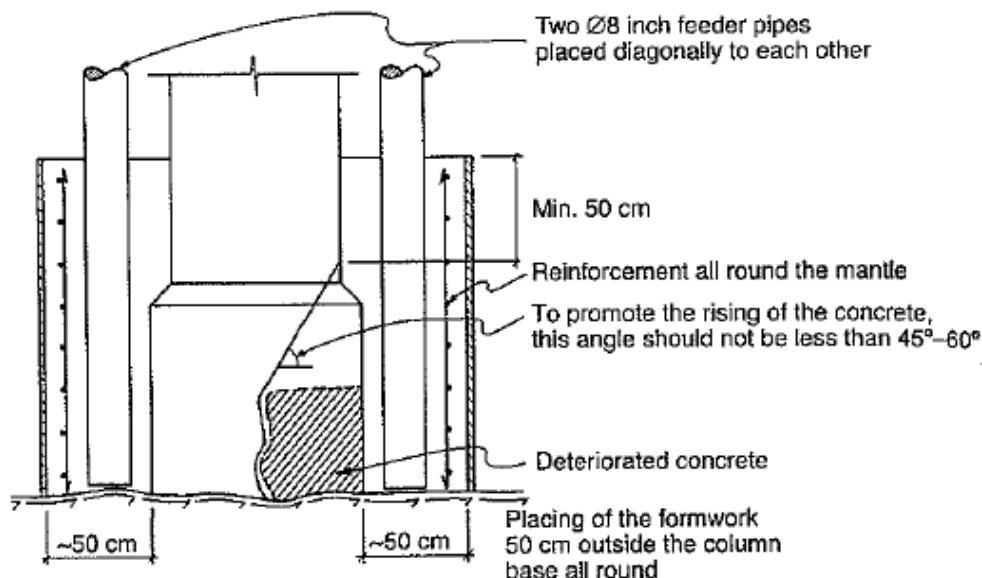
Den vanligste rehabiliteringsmetoden som benyttes av TønderEnergi er strossing. Det er økonomien som avgjør hvilke rehabiliteringsmetoder som skal brukes. Rehabilitering blir i meget stor grad vurdert opp mot bygging av ny infrastruktur. Sikkerhetsnivå, kraftpris og kostnad er parametere som vurderes ved valg av rehabiliteringsmetode. Klimaendringer har ingen betydning for valg av metode.

7.2.4 Havner

Før det gjennomføres større rehabiliteringstiltak er det viktig at det gjennomføres en nøyaktig tilstandskartlegging av eksisterende infrastruktur. Valg av metode for rehabilitering av betong er avhengig av hvor skaden finnes. Det er viktig å finne årsaken til skaden før det velges rehabiliteringsmetode. I det følgende gis det en kort omtale av aktuelle metoder.

Dykket rør til undervannsstøping

Søyleformede kaifundamenter og strukturelle elementer av lignende dimensjoner er overtrukket med et rør, som vist i figur 14. Tykkelsen av dette røret må være tilstrekkelig for å ha plass til å kunne pumpe betongen.

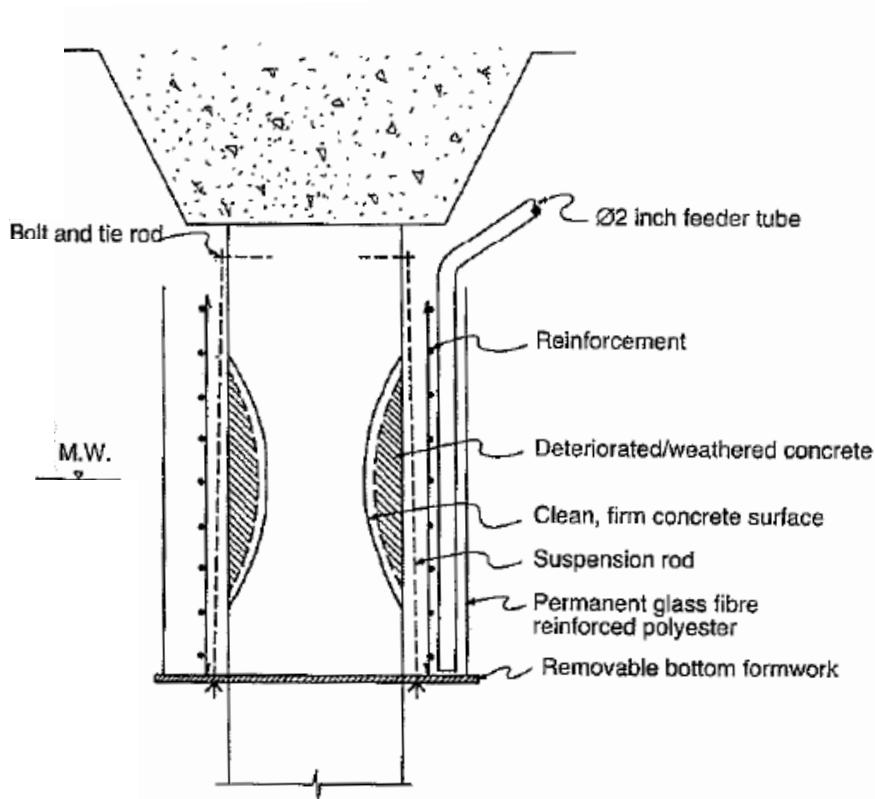


Figur 14 Dykket rør til undervannsstøping [23]

Injeksjon-metoden

Denne metoden blir normalt brukt ved rehabilitering av gamle konstruksjoner hvor det er behov for mer omfattende rehabiliteringer.

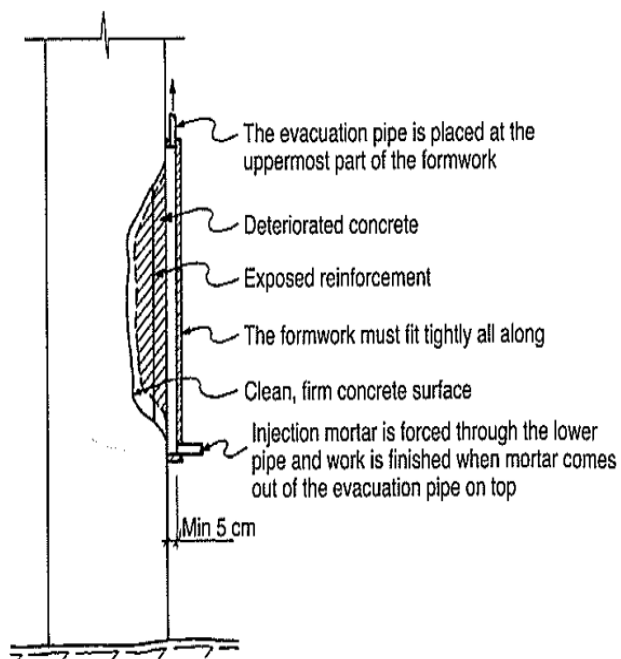
En forskalingsform og armering er montert før et injeksjonsrør blir ført ned i forskalingen, som vist i figur 15. Det injiseres en mix bestående av sement, sand, grov grus og knust stein.



Figur 15 Injeksjon av betong [23]

Micro concrete

Denne metoden er en enklere versjon av injeksjonsmetoden, se figur 16. Prosedyren er den samme, men i denne metoden injiseres bare mørtel. Denne metoden blir i hovedsak benyttet ved mindre reparasjoner.

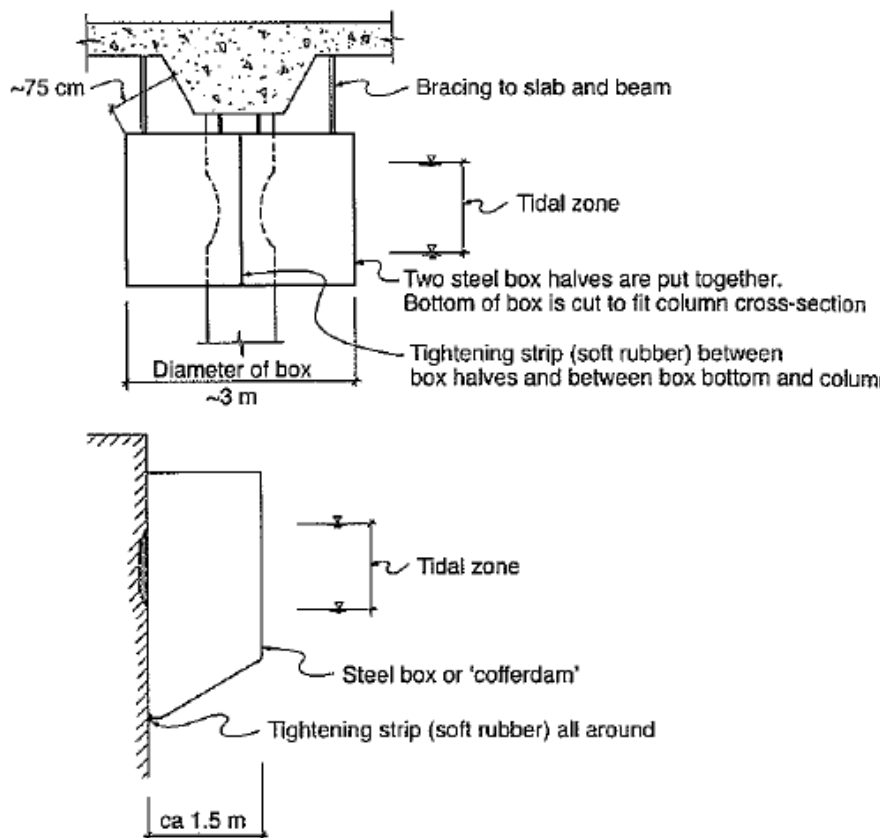


Figur 16 Micro concrete-metoden [23]

Spesial epoksy

Ved mindre reparasjoner, opp til 0,01 m³ og temperaturer over 5 °C kan en spesial epoksy benyttes.

Metodene som er beskrevet utføres under vann. I tillegg finnes metoder som utføres under tørre forhold ved bruk av en vanntett boks som vist i prinsipielt i figur 17.



Figur 17 Bruk av vanntett boks til reparasjoner under vann [23]

7.2.5 Vann- og avløpsanlegg

Rehabilitering innbefatter alle metoder for å forbedre ytelsen til en ledning, både strukturelt og hydraulisk. Renovering er en rehabiliteringsmetode som innbefatter alle metoder som benytter eksisterende ledning til å forbedre ytelsen ved installasjonsmessige tiltak.

Rehabilitering kan være tradisjonell graving eller NO-DIG metoder. Tradisjonell graving går ut på at man graver opp grøfta med gravemaskin og skifter ledninger. Dette er den mest vanlige rehabiliteringsmetoden og brukes i opp til 90 % av tilfellene i Norge.

NO-DIG går ut på at man ikke graver opp grøfta, men at man benytter det eksisterende røret for å renovere ledningen. Dermed blir andel graving helt fraværende eller mye mindre enn ved et tradisjonelt anlegg. Den eksisterende ledningen kan renoveres ved ikke-strukturelle, semi-strukturelle eller strukturelle metoder:

Ikke-strukturell metode: Ingen særlig styrke i renoveringsmetoden til å bære belastninger. Gammelt rør opptar all belastning.

Semi-strukturell metode: En del styrke i renoveringsmetoden til å bære belastninger. Kan jobbe sammen med eksisterende rør til å ta unna belastningene.

Strukturell metode: Full styrke i renoveringsmetode til å bære all belastning.

Tilstanden til det eksisterende røret må bestemmes for å avgjøre hvilket strukturelt nivå som er nødvendig.

Tabell 12 Vanlige metoder for rehabilitering av vann- og avløpsledninger

Ikke-strukturelle metoder	Innvendig punktreparasjon og reparasjon av skjøter
	Påføring av plastbelegg eller epoksy
	Sementmørtel
	Fleksibel slange
	Injisering, Fill and Drain
Semi-strukturelle metoder	Foring med tynnvegget strøppe
	Inntrekking av tynnvegget rør (kontinuerlige)
	Inntrekking av modifiserte PE-rør (tynnvegget, vanligvis sammenbrettet rør)
Strukturelle metoder	Foring med tykkvegget strøppe
	Inntrekking av tykkvegget rør (kontinuerlige)
	Inntrekking av modifiserte PE-rør (tykkvegget, vanligvis diameterreduerte rør)
	Innføring av korte trør
	Utblokkning/rørknusing

8 Risiko og miljømessige effekter ved rehabilitering

8.1 Konsekvensutredninger

8.1.1 Veier

Statens vegvesen har lang tradisjon for bruk av konsekvensanalyser i sin planlegging. Det er utarbeidet en håndbok som beskriver metodikken ved konsekvensanalyser, se figur 18 [25]. Den første håndboka om konsekvensanalyser kom i 1988, mens siste utgave kom i 2006.



Figur 18 Statens vegvesen sin håndbok i konsekvensutredninger [25]

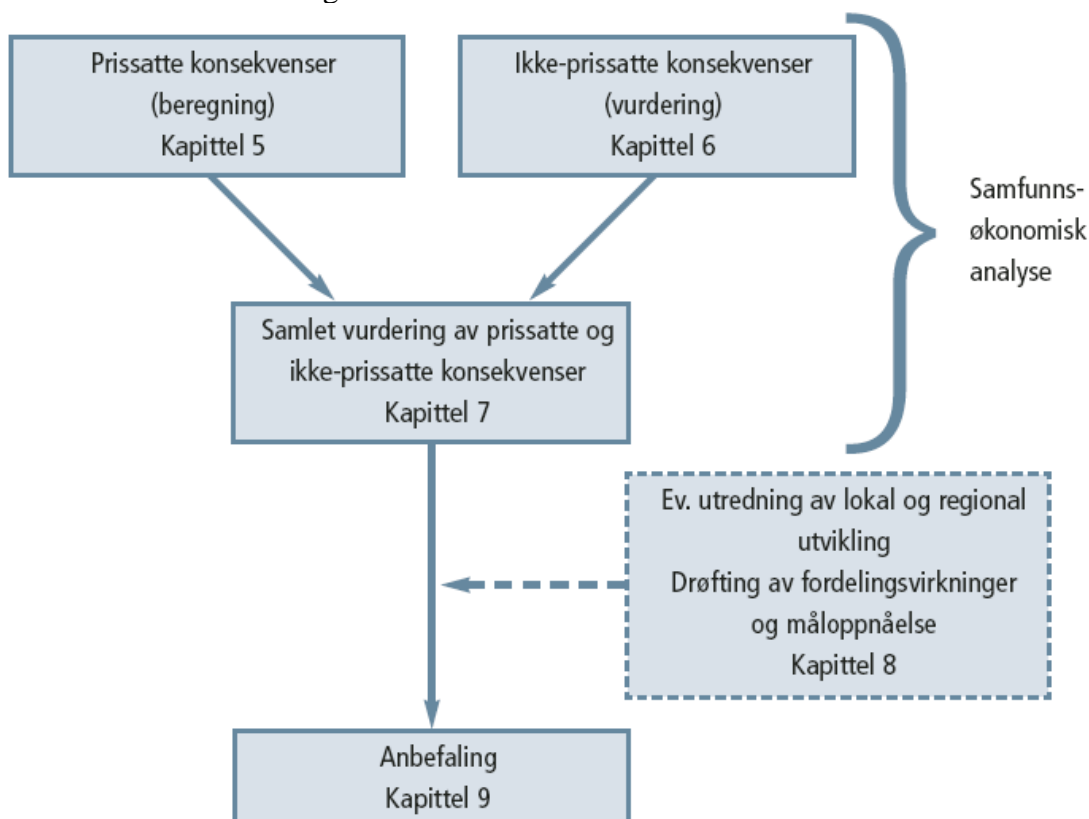
En **konsekvensutredning** er i denne håndboka utført i henhold til bestemmelsene i plan- og bygningsloven med tilhørende forskrift.

§ 33-1 i plan- og bygningsloven og § 1 i forskrift om konsekvensutredninger angir følgende formål for en konsekvensutredning:

”Formålet med bestemmelsene er at hensynet til miljø, naturressurser og samfunn blir tatt i betraktning under forberedelsen av planen eller tiltaket, og når det tas stilling til om, og eventuelt på hvilke vilkår, planen eller tiltaket kan gjennomføres.”

Det kan også være aktuelt å gjennomføre en konsekvensanalyse for andre typer tiltak og planer enn de som faller innenfor plan- og bygningslovens krav til konsekvensutredninger.

I en konsekvensvurdering inngår en vurdering av både prissatte konsekvenser og ikke-prissatte konsekvenser som vist i figur 19.



Figur 19 Konsekvensanalyse [25]

Det finnes også et dataprogram, EFFEKT, som benyttes ved konsekvensutredninger.

8.1.2 Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler)

Konsekvensutredning er et begrep som i Jernbaneverket blir forbeholdt planlegging av større prosjekter (i tråd med begrepsbruken i Plan- og bygningsloven). Konsekvens, i betydning hvilket utfall en hendelse kan få, blir analysert i en risikoanalyse (risiko = sannsynlighet x konsekvens) under inspeksjoner og større kartleggingsarbeid. Når det gjelder konsekvenser for jernbanen brukes RAMS-analyser (**R**eliability (pålitelighet), **A**vailability (tilgjengelighet), **M**aintainability (vedlikeholdbarhet) og **S**afety (sikkerhet)) i forbindelse med hovedplaner (investeringsprosjekter). HMS blir ivaretatt ved alle typer arbeid.

For nyanlegg utføres det konsekvensutredninger i forkant, og i ulike planfaser og aktuelle forskrifter gjelder også i prinsippet for rehabilitering. Dette blir bare utført dersom prosjektet er over en viss størrelsesorden, f.t. 500 MNOK (eller lavere dersom særlige hensyn taler for det, jf. Plan- og bygningsloven).

8.1.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

Det blir utført konsekvensutredninger ved rehabilitering av vegtunneler etter gjeldende lover og forskrifter, men i liten grad hvis det ikke er lovpålagt. Metoden som benyttes er ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Ved ALARP benyttes risikomatriser, for å danne seg en oversikt over risikobildet. I figur 20 er det vist et eksempel fra en risikomatrix for Karmøy tunnelen. Målet er å redusere risikoen for helse, miljø og sikkerhet (tunnel og trafikant) ned til et etablert minimumsnivå så langt det er mulig. For nyanlegg utføres det konsekvensutredninger i forkant, og i ulike planfaser og disse forskriftene gjelder også i prinsippet for rehabilitering. Konsekvensutredninger blir utført ved litt større rehabiliteringsprosjekt, men ellers i svært liten grad.

Frekvens	Risikomatrix for Karmøy tunnelen					
Årlig	Motorstopp, punktering, mindre uhell	Trafikkulykke med materiell skade				
1-10 år		Brann i personbil	Trafikkulykke med personskade	Uakseptabel risiko		
11-100 år			Brann i lastebil			
101-1000 år	Akseptabel risiko			Brann i lastebil /buss		
1001-10 000 år				Brann i personbil	Stor brann i lastebil og/ eller buss	
>10 000 år					Brann/ alvorlig uhell med farlig gods	
Konsekvens:	Liten	Materielle tap	Personskade	1 -5 døde	6 – 10 døde	> 10 døde

Forklaring

ALARP	Uakseptabel risiko. Nødvendig med tiltak ALARP: As Low As Reasonably Practicable Tiltak må vurderes for å redusere risikoen så langt det er praktisk mulig.
	Akseptabel risiko. Ingen tiltak nødvendig

Figur 20 Eksempel på bruk av risikomatrix og ALARP prinsippet fra risikoanalyse utført for Karmøy tunnelen [25]

TrønderEnergi utfører ”enkle” konsekvensutredninger ved rehabilitering, basert på ”fornuft”. Parametere som blir vurdert er kraftpris, kostnad og fjellkvalitet. Forskriftene om konsekvensutredninger som gjelder for nyanlegg, gjelder ikke ved rehabilitering.

8.1.4 Havner

Det finnes ikke generell metode for konsekvensvurderinger ved rehabilitering av anlegg, men miljøvennlig rehabilitering er et hovedmål, spesielt for anlegg som er lokalisert ved friluft- og rekreasjonsområder.

8.1.5 Vann- og avløpsanlegg

VA-anlegg blir normalt ikke gjenstand for konsekvensutredninger.

Imidlertid er det vanlig å vurdere konsekvenser ved rehabilitering for å finne ut hvilken metode som er best å bruke, både teknisk, økonomisk og andre kriterier.

Rehabiliteringsmetodene vurderes m.h.p. de konsekvenser for omgivelser, servicenæring, industri, private husholdninger, biltrafikk, grunnvann, forurensning av grunnen etc. Ingen ”standard” fremgangsmåte. Eksempler på parametere som blir vurdert er:

- Forurensning av grunnen og av grunnvann
- Støy
- Støv
- Levetid
- Tekniske
- Vannkvalitet

8.2 Gjenbruk av materialer

8.2.1 Veier

Statens vegvesen har gjennomført Gjenbruksprosjekt som pågikk i perioden 2002-2005. Dette prosjektet fokuserte på gjenbruk av ulike materialer i vegbyggingssammenheng. Prosjektet har en egen nettside: <http://www.gjenbruksprosjektet.net/article/frontpage/1/>.

Prosjektet hadde følgende delprosjekter:

1. Avfallshåndtering.
2. Miljøpåvirkning.
3. Betong.
4. Asfalt.
5. Lette fyllmasser.
6. Gjenbruksvegen.
7. Rammeverk for gjenbruk
8. Ny ideer, materialer og tiltak.

Gjennom dette prosjektet er det utarbeidet en rekke rapporter og utført et omfattende grunnlagsarbeid. Deler av arbeidet er innarbeidet ved revisjon av Statens vegvesen sine håndbøker, blant andre Håndbok 018 Vegbygging, Håndbok 246 Asfalt 2005 – materialer og utførelse. Det gjenstår imidlertid fortsatt noe implementering av resultater fra dette prosjektet. Det er fortsatt behov for bedre informasjon om hva gjenbruksmaterialene kan brukes til, og et av de mest stilte spørsmål er om massene er ”rene” nok.

For asfalt er det etablert en egen gjenbruksordning, Kontrollordning for asfaltgjenvinning (KFA). Kontrollordningen for asfaltgjenvinning, KFA, ble iverksatt 1. januar 2001. Dette er en frivillig ordning som har fått tilslutning fra alle aktører i bransjen.

Målet for kontrollordningen var at det skal oppnås 80 % asfaltgjenvinning 5 år etter at ordningen ble iverksatt. Dette ble oppnådd allerede etter 2 år. KFA’s aktiviteter er bl.a.:

- Informere vegholdere og entreprenører om ordningen.
- Skaffe oversikt over alle mellomlagre for mottak av retur-asfalt.
- Promotere opprettelse av mellomlagre i områder hvor dette ikke er gjort.

- Føre kontroll over mellomlagre.
- Sette opp årlig miljøregnskap.
- Rapportere til bedrifter, etater og berørte myndigheter.

En forutsetning for at ordningen skal fungere er at alle vegholdere krever at returasfalt blir levert til godkjent mellomlager. Levering til deponi må unngås. Kontrollordningen for Asfaltgjenvinning finansieres ved et gebyr på bitumen til vegformål.

Statens vegvesen Håndbok 066, *Konkurransesgrunnlag* [29], krever blant annet avfallsplaner i alle prosjekter, hvor det blant annet beskrives hvordan gjenbruk av materialer utføres.

8.2.2 Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler):

Gjenbruk blir vurdert ved rehabilitering. Ved fjellarbeider som gir masseoverskudd blir gjerne slike masser brukt til forsterking/utvidelse av fyllinger/formasjonsplan – gjerne som støttefyllinger. For asfalt/betong benyttes JBV's Miljøhåndbok. Betongrester kan, dersom de er egnet, bli brukt på stedet til oppmuring. Også gjenbruk av teknisk utstyr er omhandlet i JBV's Miljøhåndbok. Dette samles inn og avhendes på miljømessig forsvarlig måte. I noen tilfeller kan gjenbruk av utskiftede komponenter på strekninger/baner med lav trafikk være aktuelt. Elektrokomponenter gjenbrukes hvis mulig, og i noen tilfeller er nye komponenter av samme type umulig å få tak i noe som gjør gjenbruk helt nødvendig.

Eldre elektrokabler har en tendens til å bli sprø ved elding. Derfor er det ofte en premiss ved rehabilitering at så mye som mulig av eldre kabling bør ligge urørt for å unngå at utskiftningen skal bli større enn nødvendig.

8.2.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

Statens vegvesen vurderer gjenbruk i liten grad ved rehabilitering. PE-skum og løsmasser fra grøfter er spesialavfall, og vanskelig å bli kvitt. Bergmasse blir gjenbrukt dersom det er egnet. Asfalt og betong blir gjenbrukt. Teknisk utstyr kan bli gjenbrukt, men det er sjelden.

TrønderEnergi vurderer gjenbruk ved rehabilitering, og det finnes retningslinjer for gjenbruk av bergmasse, asfalt/betong og teknisk utstyr.

NVE opplyser at ved bygging, rehabilitering og riving er tiltakshaver (byggherren) ansvarlig for at alt bygg- og anleggsavfall blir behandlet i henhold til gjeldene regelverk (figur 21 og 22). God planlegging og oppfølging er viktig for å tilfredsstille vedtatte strategier for ombruk, materialgjenvinning og energiutnyttelse. I tillegg skal tiltakshaver sikre en miljømessig forsvarlig sluttbehandling av restavfall og det som er kategorisert som farlig avfall (tidligere spesialavfall). NVE anbefaler at tiltakshaver innfører krav til avfallsplaner i alle bygge- og rehabiliteringsprosjekt for å oppnå en god avfallshåndtering. Avfallsplaner bør inngå som et fast krevelement i kontrakter med entreprenører. De fleste typer bygg- og anleggsavfall skal leveres til et godkjent mottak eller disponeres etter særskilt tillatelse fra forurensningsmyndigheten. For gjenbruk av masser, må tiltakshaver gjøre en risikovurdering i tilknytning til den aktuelle bruken. Bruker av massene må kunne dokumentere at disse er tilstrekkelig rene, og at bruken er forsvarlig. Fylkesmann/kommune må godkjenne løsningen.



Figur 21 I følge NVEs Veileder nr. 2-05 (Hamarsland 2005) skal håndtering av avfall og forurensning inngå i en HMS-plan eller i egen miljøplan. Målet er en ryddig og sikker arbeidsplass med et minimum av avfalls- og forurensningsproblemer [11]



Figur 22 Ved masseuttak fra eldre steintipper, dukker det ofte opp store mengder avfall som er deponert i tippen. Dette må behandles på forsvarlig måte (Hamarsland 2005) [11]

8.2.4 Havner

Det finnes ingen felles standarder eller retningslinjer for gjenbruk av materialer fra eksisterende infrastruktur eller fra andre sektorer. Det foregår forskning på bruk av geotekstiler, skumglass, gjenbruk av bildekk, etc. Dette vil kunne føre til nye dimensjoner for rehabilitering i framtiden.

8.2.5 Vann- og avløpsanlegg

Det finnes ingen nasjonale retningslinjer for gjenbruk av materialer eller gjenbruk av andre materialer. Om man skal gjenbruke materialer i ledninger eller omfyllingsmasse og om man vil bruke NO-DIG metoder eller ikke er helt opp til den enkelte kommune og entreprenør.

Følgende kan sies om utvalgte elementer i VA-systemet:

- Ledningsmateriale: I utlandet fins returordninger for PVC-rør. Ved NO-DIG renoveringsmetoder gjenbrukes det gamle røret.
- Omfyllingsmasse (rundt røret): Ikke utbredt. Dette kan skyldes at rør som graves opp ble lagt før det var vanlig å benytte annen masse til omfylling enn det som fantes på stedet.
- Gjenfyllingsmasse (fyller opp grøften): gjenbrukes vanligvis.

8.3 Bruk av nye materialer

8.3.1 Veier

Statens vegvesen sitt gjenbruksprosjekt hadde et delprosjekt som også skulle se på bruk av nye produkter. Her kan nevnes blant annet støyskremmer i plast, kloakkslam på skråninger og miljøstrø.

Nye materialer tas i bruk dersom de finnes hensiktsmessige og at de kan miljødeklarerer.

8.3.2 Jernbane (beskrivelsen gjelder også for jernbanetunneler)

Nye materialer må godkjennes av JBV (f.t. JBV Banedivisjonen, Teknisk, Premiss og utvikling). I en slik godkjenningsprosess blir materialets tekniske og miljømessige kvaliteter undersøkt. Det blir også gjort vurderinger av praktisk anvendbarhet.

8.3.3 Tunneler og undergrunnsanlegg

Statens vegvesen vurderer i liten grad bruk av nye materialer (f.eks. restprodukter fra annen aktivitet) ved rehabilitering av tunneler og undergrunnsanlegg.

TrønderEnergi vurderer nøye bruk av nye materialer.

8.3.4 Havner

Kystområdene er miljømessig sensitive områder. Før nye materialer tas i bruk må det gjennomføres langtidstester for å dokumentere at de nye materialer tilfredsstiller miljødirektiver.

8.3.5 Vann- og avløpsanlegg

Bruk av nye materialer kan være aktuelt så lenge materialene er av god nok kvalitet, men VA er en konservativ bransje når det gjelder å ta i bruk nye materialer og teknologi. For ledningsmaterialer må dette være opp til rørprodusentene. For omfyllingsmasser er det godt mulig

å benytte masser fra andre anlegg så lenge kvaliteten er god nok og størrelsen på stein etc. er passende. Dette vurderes av den enkelte kommune som rehabiliterer og av entreprenørene.

9 Oppsummering og videre arbeid

Begrepet ”rehabilitering” er i varierende grad brukt for ulike typer infrastruktur. For vann og avløp (ledningsnett) er det svært innarbeidet, og det lages ”rehabiliteringsplaner” og det fins en rekke standarder i NS. I de fleste andre typer infrastruktur berørt i denne rapporten er ”rehabilitering” et begrep som er brukt i mye mindre grad, og heller ikke klart definert.

Alle typer infrastruktur bruker metodikk og programvare for å kartlegge tilstanden til infrastrukturen og planlegge rehabilitering. Siden det er svært mange ulike metoder som brukes, er det grunn til å tro at man har mye å lære av hverandre.

Det legges også ulike kriterier til grunn for rehabiliteringstiltak. Innenfor jernbane er det sikkerhet som er det viktigste. For kyst- og havneinfrastruktur er det i stor grad opp til den enkelte eier å bestemme. Det vil nok derfor være vanskelig å lage et felles rammeverk for rehabilitering, men likevel har man nok mye å lære av hverandre, her også.

Levetiden som det planlegges for varierer veldig. Et slitelag for en vei og et renseanlegg for vann og avløp har en levetid på 10-20 år, mens for ledningsanlegg, tunneler og noen typer kritisk havneinfrastruktur legger man opp til over 100 års levetid.

Den gjennomgang som er utført for den infrastruktur som inngår i dette prosjektet viser at følgende tema kan framheves som aktuelle å arbeide videre med:

- Behov for avklaring av begreper
- Standarder for rehabiliteringsprosjekter
- Metodikk for valg av standard ved rehabilitering
- Samordning av rehabiliteringstiltak
- Metoder for vurdering av tilstand ved rehabilitering (materialteknisk standard og restverdi)
- Metoder for utførelse av rehabiliteringstiltak
- Klimaendringers betydning for infrastrukturen
- Gjenbruk av materialer (både av eksisterende materialer og nye materialer)

Innen fagfeltet vann og avløp er det utviklet en rekke systemer som det kan være av interesse å vurdere om disse kan benyttes/utvikles til andre fagområder.

10 Oversikt over aktuell litteratur

- Statens vegvesen, Håndbok 018 Vegbygging
- Statens vegvesen, Håndbok 021 Vegtunneler (2006)
- Statens vegvesen, Håndbok 111 Standard for drift og vedlikehold av riksveger, med tilhørende temahefte (Intern rapport nr. 2337)
- Statens vegvesen, Håndbok 163 Vann og frostsikring i tunneler (2006)
- Statens vegvesen, Håndbok 213 Helse, miljø og sikkerhet (HMS) ved arbeid i trafikkerte vegtunneler.
- Statens vegvesen, Håndbok 222 Trafikksikkerhetsrevisjoner og inspeksjoner.
- Statens vegvesen, Håndbok 269 Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler, Del 1; tilpasning til ny forskrift om ny tunnelsikkerhet (tunneldirektivet) (2007).
- NA-rundskriv 2004/20; Typegodkjente metoder for vann og frostsikring
- NA-rundskriv 2006/03; Forskrift om sikring av nye vegtunneler
- NA-rundskriv 2007/03; Planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av vegtunneler.
- Statens vegvesen, Intern-rapport nr. 2158; Utvikling av levetidskostnadsmodell for tunnel LCC – LCP.
- Jernbaneverkets Teknisk regelverk.
- Jernbaneverkets Miljøhåndbok
- Jernbaneverkets Sikkerhetshåndbok
- Jernbaneverkets Vedlikeholdshåndbok
- Jernbaneverkets lærebok i jernbaneteknikk
- Troch, Peter; De Rouck; Julien; Van Damm, Luc (1998): Instrumentation and prototype measurements at the Zeebrugge rubble mound breakwater, Coastal Engineering, Volume 35, Issues 1-2.

11 Referanser

- [1] Sægrov, Sveinung. 2007. *Aldrende ledningsnett Internasjonal status og strategier for ledningsfornyelse - eksempler på god praksis*. Sintef rapport for Svensk Vatten og NORVAR.
- [2] Rørinspeksjon Norge. Internett side besøkt 24.06.08. <http://www.rin-norge.no/content/view/full/25404>
- [3] Hofshagen, Toril. 2004. *Trenger Norge en VA-lov? Drøfting av behovet for en egen sektorlov for vann og avløp*. NORVAR rapport.
- [4] Sægrov, Sveinung. *Prinsipper for fornyelsesplanlegging*. Forelesning i kurset Ledningsteknologi, oktober 2007.
- [5] Sægrov, Sveinung. *Metoder for tilstandsundersøkelse av vann og avløpsledninger*. Forelesning i kurset Ledningsteknologi, oktober 2007.
- [6] Hafskjold, Leif Sigurd. *Oversikt over metoder og dimensjonering for reovering av VA-ledninger*. Forelesning i kurset Ledningsteknologi, oktober 2007.
- [7] Ugarelli, Rita. 2008. "Asset Management of Wastewater Networks". (Doktor avhandling i Ledningsteknologi avløpssystemer).
- [8] NORVAR. 2005. *NORVAR Prosjektrapport 144/2005. Veiledning i overvannshåndtering*. AL Norsk vann og avløp BA.
- [9] Per Kristiansen. 2007. *Fornyelse av ledningsnett avløp - Oslo*. Forelesning i kurset Ledningsteknologi, oktober 2007.
- [10] Statens vegvesen, *Håndbok 151 Styring av utbyggings, drifts og vedlikeholdsoppgaver*. Utbyggingsavdelingen 2008.
- [11] Hamarsland, A. (red.) 2005: *Miljøtilsyn ved vassdragsanlegg*. Norges Vassdrags- og Energidirektorat, Veileder nr. 2-05.
- [12] Statens vegvesen, *Nasjonal vegdatabank* (brosjyre fra SVV sine nettsider).
- [13] *Coastlines, Structures and Breakwaters (2005)*, Proceeding of the international conference on Coastlines, structures and breakwaters, organised on behalf of the maritime Board of the Institution of Civil Engineers and held in London, UK, on 20-22 April 2005.
- [14] *Coastal Protection (1990)*, Proceedings of the short course on coastal protection Delft University of technology, edited by Krystian W. Pilarczyk, Rijkswaterstaat, Delft.
- [15] Aagaard, B. 2001: "Beslutningsverktøy med risikovurdering for bestemmelse av tiltak mot ras." Fjellsprenningskonferansen (Geoteknikk-/Bergmekanikkdagen) 2001, s. 22.1-22.19.
- [16] *Coastal Engineering, Technical Note, 1994*
Low-altitude photogrammetric monitoring of coastal structures, CETN III-55, 9/94, US Army Engineer Waterways Experiment Station.
- [17] Del Grosso, A; Lanata;F; Inaudi, D.; Posenato, D; Pieracci, A. (2003): Breakwater deformation monitoring by automatic and remote GPS; SMARTTEC SA, <http://www.smartec.ch/index.htm>.
- [18] Prickett, Terry (1998): *Coastal Structure Inspection Technologies: Investigation of Multibeam Sonars for Coastal Structure Surveys*. US Army Engineer Waterways Experiment Station.
- [19] *Samfunnstjenlige tunneler 1998-2001. Sluttrapport*. Publikasjon nr. 97.
- [20] Statens vegvesen, Intern-rapport nr. 2158; *Utvikling av levetidskostnadsmodell for tunnel LCC – LCP*.
- [21] *Concrete in Coastal Structures (1998)*, by Richard Thomas Lingen Allen, Published by Thomas Telford, 1998, 301 pages.
- [22] Asplin, Lars; Aure, Jan; Sundby, Svein (2008): *Klima og klimaendringer i fjordene og på kysten*, kapittel 1.2. in *Kyst og havbruk*, <http://www.imr.no/dokumenter/kh>.

- [23] Thorensen, Carl A. (2003): Port Designer Handbook: Recommendations and guidelines, Thomas Telford books, 549 pages.
- [24] Statens vegvesen, 2006: ”Risikoanalyse T-forbindelsen. Tysvær – Karmøy – Haugesund.” Rapport Statens vegvesen, Region vest, 77 s.
- [25] Statens vegvesen, 2006 Håndbok 140 ”Konsekvensanalyser”
- [26] SINTEF-rapport SBF IN A07006, ”Forsterkning av veger i Norge/Sverige, med spesielt fokus på Jämtland, Nord- og Sør-Trøndelag”.
- [27] Roadex Project 1998-2001 (Northern Periphery).
- [28] Statens vegvesen, Håndbok 018, ”Vegbygging”. 2005.
- [29] Statens vegvesen, Håndbok 066, ”Konkurransesgrunnlag”. 2008.