

Norsk Vann

Rapport



282 | 2023

Taknedløp fra kompakte tak - mulighet for utkast til terreng



Norsk Vann

Norsk Vann Rapport

Det utgis tre typer rapporter:

Rapportserie A

Dette er de opprinnelige hovedrapportene.

Dette kan være:

- Rapportering av prosjekter som er gjennomført innenfor organisasjonens eget prosjektsystem
- Rapportering av spleiselagsprosjekter hvor to eller flere andelseiere i Norsk Vann BA samarbeider for å løse felles utfordringer
- Rapportering av prosjekter som er gjennomført av andelseiere eller andre.

Rapporten vil i slike tilfeller kunne være en ren kopi av originalrapporten eller noe bearbeidet

Fortløpende nummer xx-årstall

Rapportserie B

Dette er en serie for «enklere» rapporter, for eksempel forprosjekter, som vil være grunnlag for videre prosjektvirksomhet mm.

Fortløpende nummer Bxx-årstall

Rapportserie C

Dette er rapporter delfinansiert av Norsk Vann, men som er utgitt av andre.

Fortløpende nummer Cxx-årstall



Prosjektresultatene fra Norsk Vann Rapport (serie A og B) kan fritt benyttes internt i egen organisasjon. Når prosjektresultatene benyttes i skriftlig materiale, må kilde oppgis. Viderealg/formidling av resultatene utover dette er kun tillatt etter skriftlig avtale med Norsk Vann BA.

Norsk Vanns rapporter utarbeides i samspill mellom rådgiver, styringsgruppe og referansegruppe for prosjektet og er ikke behandlet i Norsk Vanns styrende organer. Norsk Vann har ikke ansvar for feil eller ufullstendigheter som måtte forekomme i rapporten og kan ikke stilles økonomisk eller på annen måte til ansvar for problemer som måtte oppstå som følge av bruk av rapporten.



Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Tlf: 62 55 30 30 E-post: post@norsk vann.no
www.norsk vann.no

Norsk Vann Rapport

Ekstrakt

Bygg med flate, kompakte tak har vanligvis blitt bygget med innvendige taknedløp koblet på kommunal overvannsledning, for å sikre avrenning på en effektiv og frostfri måte. Denne praksisen tar derimot ikke tilstrekkelig høyde for utfordringer knyttet til overvann og er i dag ikke anbefalt. Nye løsninger må tas i bruk i tråd med tre-trinnstrategien for overvannshåndtering. En ny bestemmelse i plan- og bygningsloven § 28-10 krever, så langt ikke annet er bestemt i arealplan, at «tiltakshaver skal gjennomføre tiltak slik at overvann i størst mulig grad infiltreres eller fordrøyes på eiendommen. Forsvarlig avledning skal sikres og opparbeides så langt det er nødvendig». Dermed må det tas i bruk nye løsninger for taknedløp, som ikke tidligere har vært benyttet i utstrakt grad.

Ved å gå bort fra innvendige nedløp oppstår utfordringer med snøsmelting og isdannelse om vinteren. Issvuller, isdemninger og istapper kan oppstå og føre til skade på bygget, eiendom og i verste fall personer. I tillegg medfører fjerning av is store kostnader for byggeier. Det er derfor ønsket å finne løsninger for taknedløp som

håndterer overvann i tråd med loven uten at det fører til isdannelse, og som er lette å drifte og vedlikeholde.

Rapporten gir en gjennomgang av regelverk, litteratur og erfaringer med eksisterende løsninger for nedløpssystemer fra kompakte tak. Det er også presentert en vurdering av mulige nye løsninger, og fordeler og ulemper med de forskjellige løsningene.

Et formål med rapporten er å gi et overblikk over problemstillingen, og være en kilde til informasjon for aktører både innenfor vann og avløp, landskapsarkitektur, bygningsfysikk og bygningsteknikk. Rapporten skal kunne gi alle aktører i et prosjekt et grunnlag for felles forståelse av aktuelle problemstillinger, slik at gode løsninger kan utarbeides i fellesskap.

Bilder på forsiden:

- Is i nedløpsrør i Damgårdssundet i Bergen.
Foto: Bjarne Høstmark (Multiconsult)
- Utvendig utkast på terreng på Ensjø i Oslo.
Foto: Manuel Franco Torres (Multiconsult)
- Resultatet av snøsmelting og gjenfrysing på et kompakt tak på Røros.
Foto: Cecile Schmidt Overøye (Multiconsult)

Norsk Vann BA

Adresse: Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Telefon: 62 55 30 30
E-post: post@norskvann.no
Internettadresse: norskvann.no

Rapportens tittel

Taknedløp fra kompakte tak
– mulighet for utkast til terreng

Forfattere

Erlend Andenæs, Petter Martin Skjeldrum og Cecilie Schmidt Overøye, Multiconsult;
Ole Mangor-Jensen, Skanska

Rapportnummer: 282/2023

ISSN 1890-8802 (elektronisk utg.)

ISSN 1504-9884 (trykt utgave)

ISBN 978-82-414-0481-8

Emneord, norsk

Kompakte tak, nedløp, isdannelse

Emneord, engelsk

Compact roofs, downpipes, ice formation

Forord

Dette prosjektet ble satt i gang etter forslag fra Plan- og bygningsetaten i Oslo kommune, Vann- og avløpsetaten i Bergen kommune, Trondheim kommune og NTNU (Klima 2050).

Oslo er en av flere kommuner som ønsker at alle nye taknedløp føres til terreng slik at avrenning fra tak kan håndteres åpent og lokalt fremfor under bakken. Den nye praksisen følger tre-trinnstrategien for overvannshåndtering, som nå også ligger til grunn for den nye bestemmelsen i plan- og bygningsloven § 28-10, som, så langt ikke annet er bestemt i arealplan, krever at «tiltakshaver skal gjennomføre tiltak slik at overvann i størst mulig grad infiltreres eller fordrøyes på eiendommen».

Oslo kommune opplever imidlertid at slike løsninger ofte blir motargumentert/forkastet av utbyggere og deres rådgivere med utgangspunkt i at ytelseskrav i byggt teknisk forskrift TEK 17, som bl.a. gjelder bygningsfysikk, blir tolket som motstridende til en slik løsning. Fordi det sikrer avrenning på en effektiv og frostfri måte, har byggebransjen lenge foretrukket å utføre kompakte tak med innvendig taknedløp som ledes til kommunalt ledningsnett. Dette vurderes som en lite bærekraftig løsning som ikke oppfyller nye krav i plan- og bygningsloven og TEK17.

Taknedløp fra kompakte tak, som har mulighet for utkast til terreng, er forenelig med TEK17 så lenge løsningen ikke gir risiko for byggskader. Det mangler imidlertid en standard-løsning/typetegning som utbyggere kan se sin lit til. Opprinnelig var det ønsket at prosjektet skulle lede til nettopp dette. Målet i prosjektbeskrivelsen var: «munne ut i et «byggdetaljblad», altså en veiledning med en lettfattelig beskrivelse av aktuelle

løsninger, tegninger, funksjonsbeskrivelse, dimensjoneringskrav og andre kriterier som er nødvendige for å dekke behovene til profesjonelle (prosjekterende, utførende og fremtidig eier/drifter».

Arbeidet med denne rapporten har vist at det finnes løsninger i dag, som enten kan tas direkte i bruk, eller kan tas i bruk etter noe bearbeiding. Aktuelle løsninger er diskutert og hovedfordeler og -ulempes er gjort rede for i rapporten. Det finnes imidlertid ingen løsning som i dag kan anbefales som universell, siden lokale forhold i stor grad må være med i vurderingene. Vi håper

byggebransjen tar utordringen videre ved å utvikle og teste løsninger, som legges til grunn for konkrete veiledere av type «byggdetaljblad».

Rapporten er utarbeidet av Multiconsult. Teksten har i hovedsak vært forfattet av Erlend Andenæs, Petter Martin Skjeldrum og Cecilie Schmidt Overøye. Korrektur, kvalitetssikring og innspill ved Trond Ulriksen, Silje Navekvien og Lars Petter Risholt. Ole Mangor-Jensen fra Skanska har også bidratt med innspill, figurer og tekst og vært sentral i utarbeiding av foreslåtte løsninger.

Inga Potter og Yvona Holbein (Oslo kommune), Håkon Pedersen (Trondheim kommune), Hogne Hjelle (Bergen Vann) og Tone Muthanna (NTNU) utgjorde prosjektets styringsgruppe.

Tusen takk til alle!

Oslo, oktober 2023
Ingun Tryland
Prosjektleder Norsk Vann

Rapporten vurderer mulige løsninger for nedløpssystemer fra kompakte tak som både er forenelig med at overvann skal håndteres lokalt på tomten og at vi unngår skader fra frost og ising i nedløp.



Sammendrag

Denne rapporten tar for seg muligheter og utfordringer med nedløpssystemer fra kompakte tak med utløp til terreng. Kompakte tak har vanligvis blitt bygget med innvendige nedløp koblet direkte eller via fordrøyningsmagasin på overvannsledning, for å sikre avrenning på en effektiv og frostfri måte. I senere tid har det derimot blitt økt oppmerksomhet på overvannshåndtering i byggeregelverk, og det er ønsket å lede takvann ut på terreng for å unngå overbelastning av ledningsnett ved kraftige regnskyll, for å naturlig rense og filtrere nedbøren og for å samtidig nyttiggjøre vannet som en ressurs i bylandskapet.

Ved å gå bort fra innvendige nedløp oppstår derimot utfordringer med snøsmelting og isdannelse om vinteren. Issvuller, isdemninger og istapper kan oppstå og føre til skade på bygget, eiendom og i verste fall personer. I tillegg medfører fjerning av is store kostnader for byggeier. Det er derfor ønsket å finne løsninger for taknedløp som både fører vann på terreng, ikke fører til isdannelse, og som er lette å drifte og vedlikeholde.

Rapporten gir en gjennomgang av regelverk, litteratur og erfaringer med eksisterende løsninger for nedløpssystemer fra kompakte tak. Det er også presentert en vurdering av mulige nye løsninger, og fordeler og ulemper med de forskjellige løsningene.

Et formål med rapporten er å gi et overblikk over problemstillingen, som kan brukes av aktører både innenfor vann og avløp, landskapsarkitektur, bygningsfysikk og bygningsteknikk. Rapporten skal kunne gi alle aktører i et prosjekt et grunnlag for felles forståelse av aktuelle problemstillinger, slik at gode løsninger kan utarbeides i fellesskap.

English summary

**This report is published in Norwegian by
Norwegian Water BA (Norsk Vann BA).**

Address: Vangsvegen 143, NO-2321 Hamar, Norway
Phone: + 47 62 55 30 30
E-mail: post@norskvann.no
Website: www.norskvann.no

Report no: 282/2023
Report title: Drainage systems for compact, flat
roofs – possibilities for diversion onto
the terrain surface
Date of issue: October 2023
Authors: Erlend Andenæs, Petter Martin
Skjeldrum and Cecilie Schmidt
Overøye, Multiconsult;
Ole Mangor-Jensen, Skanska

Summary

This report summarizes the possibilities and challenges associated with drainage systems for compact, flat roofs in the Norwegian context. Conventionally, flat roofs in Norway have been built using interior drainage connected to the piped stormwater drainage system, to ensure efficient and frost-proof drainage of water from the roof. However, in recent years the focus of the building regulations has shifted towards sustainable stormwater management, with a desire to lead roof runoff onto the terrain surface, to prevent overflowing pipes during heavy rainfall, to allow natural filtration of precipitation water, and to enable a use of the stormwater as a resource.

Abandoning interior drainage creates challenges of snowmelt and ice formation during winter. Ice swells, ice dams, and icicles may form and cause damage to buildings, property, and possibly even people. Additionally, the removal of ice is a great expense to the building owner. Hence, it is sought to find solutions for roof drainage that are sustainable, do not cause ice formation, and which are also easy to maintain and operate.

The report provides a summary of regulations, literature, and experiences with existing solutions for drainage systems for compact roofs. It also presents an assessment of possible new solutions, and their relative advantages and disadvantages.

The goal of the report is to provide an overview and a reference source for the challenges and opportunities, which may be used by actors within water and wastewater management as well as for practitioners of building physics / building technology. It seeks to create a foundation of common understanding of the relevant challenges for all parties, so that good solutions can be created through mutual cooperation.

Innhold

1. Introduksjon	9	4 Forslag til nye løsninger og alternativer	28
1.1 Bakgrunn	9	4.1 Hybride nedløssystemer	28
1.2 Hvorfor ønsker vi takvannet ut på terrenget?	10	4.2 Hybride nedløssystemer type A	
1.3 Hvorfor kan vi ikke føre overvann fra kompakte tak ut på terreng?	10	– Separere smeltevann og regnvann på taket	29
1.4 Konsekvenser av isdannelse	14	4.2.1. Fordeler med løsningen	30
1.5 Hvordan finne løsninger?	14	4.2.2. Ulemper med løsningen	30
1.5.1 Begrensninger	14	4.2.3 Fordrøyingssevne/utslippsfaktor	30
1.5.2 Evalueringskriterier	15	4.2.4. Risiko for bygget/Fuftsikkerhet	30
		4.2.5. Modenhet, kompleksitet	30
		4.2.6. Byggbarhet	30
		4.2.7. Finnes det noe liknende i dag?	30
2 Regelverk og veiledere	15	4.3 Hybride nedløp type B – Separere smeltevann og regnvann inne i bygget	30
2.1 Lovverk og forskrifter	15	4.3.1. Fordeler med løsningen	31
2.1.1. Plan- og bygningsloven	15	4.3.2. Ulemper med løsningen	31
2.1.2. Fuftsikkerhet i TEK17	15	4.3.3. Fordrøyingssevne/utslippsfaktor	31
2.1.3. Overvann i TEK17	16	4.3.4. Risiko for bygget/Fuftsikkerhet	31
2.2 Annen litteratur	16	4.3.5. Modenhet, kompleksitet	31
2.2.1. Avvanning av takvann og byggskader	16	4.3.6. Byggbarhet	31
2.2.2. Overvannshåndtering	16	4.3.7. Finnes det noe liknende i dag?	31
2.3 Spørreundersøkelse internt i Multiconsult	17	4.4 Utprøving av hybride nedløssystemer	
2.4 Forskning på feltet	17	– Separere smeltevann og regnvann utenfor bygget	32
2.5 Oppsummering av regelverk og litteratur	18	4.4.1 Fordrøyingssevne/utslippsfaktor	34
		4.4.2. Risiko for bygget/Fuftsikkerhet	34
		4.4.3. Modenhet, kompleksitet	34
		4.4.4. Byggbarhet	34
3 Erfaringer og praksis med avrenning fra kompakte tak	19	4.5 Luftede tak	34
3.1 Konvensjonell løsning – innvendige nedløp	19	4.5.1. Fordeler med løsningen	35
3.1.1. Fordrøyingssevne/utslippsfaktor	19	4.5.2. Ulemper	35
3.1.2. Risiko for bygget/Fuftsikkerhet	19	4.5.3. Fordrøyingssevne/utslippsfaktor	35
3.1.3. Modenhet, kompleksitet	20	4.5.4. Risiko for bygget/Fuftsikkerhet	35
3.1.4. Byggbarhet	20	4.5.5. Modenhet, kompleksitet	35
3.2 Utvendige nedløp uten varmekabler	20	4.5.6. Byggbarhet	35
3.2.1 Fordrøyingssevne/utslippsfaktor	22		
3.2.2. Risiko for bygget/Fuftsikkerhet	22	5 Oppsummering og beste praksis for utkast til terreng fra flate kompakte tak	36
3.2.3. Modenhet, kompleksitet	22		
3.2.4. Byggbarhet	22	6 Videre arbeider	36
3.3 Utvendige nedløp med varmekabler	22	6.1 Akseptabelt nivå av risiko for isdannelse	37
Nedløp	24	6.2 Nedløp som separerer smeltevann og nedbør i form av regn	37
Varmekabler	24	6.3 Luftede tak	37
Tak	24	6.4 Myndighetsarbeid	37
Oppfølging og FDV	24		
3.3.1. Fordrøyingssevne/utslippsfaktor	24	Referanser	38
3.3.2. Risiko for bygget/Fuftsikkerhet	24		
3.3.3. Modenhet, kompleksitet	24		
3.3.4. Byggbarhet	24		
3.4 Innvendig nedløp som ledes ut til terreng	25		
3.4.1 Fordrøyingssevne/utslippsfaktor	25		
3.4.2. Risiko for bygget/Fuftsikkerhet	25		
3.4.3. Modenhet, kompleksitet	25		
3.4.4. Byggbarhet	25		
3.5 Innvendig nedløp til fordrøyingsbasseng	26		
3.5.1. Fordrøyingssevne/utslippsfaktor	26		
3.5.2. Risiko for bygget/Fuftsikkerhet	26		
3.5.3. Modenhet, kompleksitet	26		
3.5.4. Byggbarhet	26		
3.6 Utvendige nedløp som tåler isdannelse	26		
3.6.1. Fordrøyingssevne/utslippsfaktor	27		
3.6.2. Risiko for bygget/Fuftsikkerhet	27		
3.6.3. Modenhet, kompleksitet	28		
3.6.4. Byggbarhet	28		

Forkortelser, begreper og definisjoner

Avløp: Et begrep som ikke brukes i denne rapporten, men defineres for å unngå forvirring med «nedløp». Et avløp forstås som en mulighet for vann til å renne unna, eller en åpning der vann kan renne bort (NAOB, 2023).

Drensledning: Rør under terreng der vann i grunnen ledes vekk. Kan være påkoblet et større avløpsnett (men kalles da som regel overvannsledning i stedet) eller bare lede til infiltrasjon i grunnen.

Fordrøyingsmagasin: En lukket overvannsløsning som fordrøyer overvann og utjevner den videreførte vannmengden gjennom strupet utløp, eksempelvis et betong- eller plastmagasin.

Hybride nedløpssystemer: Nedløpssystemer med delt avløp for takvann. Større vannmengder ledes ut på terreng, mens smeltevann ledes til frostfri løsning.

Innvendige nedløp: Løsninger der vann ledes vekk fra taket i rør som går gjennom bygningen, og (tradisjonelt) ender i en påkobling til overvannssystemer under bakken. Kan også kobles på fordrøyingsmagasin.

Kompakte tak: Også kalt uluftede tak. Takkonstruksjoner der materialer ligger lagvis oppå hverandre i en «sandwich-konstruksjon» uten luftesjikt. Varmestrømmer gjennom taket vil varme opp den utvendige overflaten noe, selv om taket er godt isolert.

Luftede tak: Takkonstruksjoner hvor taktekningen skilles fra resten av konstruksjonen med en luftespalte. Varmestrømmen gjennom taket brytes, og når ikke takoverflaten.

(Nød)overløp: To betydninger. 1) En ekstra åpning der vann kan renne av tak dersom de vanlige slukene er blokkert, for å unngå store ansamlinger av vann på taket. 2) Et utløp fra overvannssystemer der overvannet ledes ubehandlet ut i resipient ved flom.

Overvann: Vann som renner av på overflaten som følge av regn, og smeltevann.

Resipient: Mottaker av vann. Blir blant annet brukt om vannforekomst som elv, bekk, innsjø og hav som er mottaker av avløpsvann, inklusive overvann. Grunnvann kan være resipient for infiltrert regnvann.

(Tak)nedløp: Rør eller annen anretning som leder vann fra sluk/renne på tak og ned til/under bakkenivå.

Takvann: Overvann som renner fra tak.

Utløp/utkast: Avslutning på nedløp der vann renner ut på terreng.

Utvendige nedløp: Løsninger der vann ledes vekk fra taket i rør som henger utenpå bygningen, og som vanligvis ender i utkast på terreng.

1. Introduksjon

1.1. Bakgrunn»

I februar 2021 utlyste Norsk Vann konkurransen med tittelen «Utkast på terreng fra innvendig taknedløp». I konkurransebeskrivelsen har Norsk Vann formulert følgende målsetning for prosjektet:

«Definere og detaljere en teknisk anvendbar løsning (eller flere løsninger) for takutkast på terreng fra innvendige taknedløp.»

Det er ønskelig sett fra et miljømessig, økologisk og økonomisk perspektiv å håndtere overvann fra bygg lokalt på terrenget i tomtene i urbane strøk, i stedet for å føre det inn i overvannsnett. Ved å gjøre dette kan man spare byers overvannsnett for en økning i belastning, samtidig som man utnytter vannet som en ressurs i bybildet. Vann som renner på overflaten, kan være et estetisk element og huse økosystemer for plante- og dyreliv. Infiltrasjon kan også bidra til rensing av overvann.

Noen utfordringer oppstår fordi nye bygg i dag gjerne bygges med flate, kompakte tak. På kompakte tak kan snø og is smelte til vann på grunn av varmegjennomgang fra rom under, selv når det er minusgrader i luften. Smeltevannet vil kunne fryse til is igjen når det ledes til områder som ikke er oppvarmet, f.eks. utvendige takrenner og nedløp. Gjenfrysing av smeltevann kan føre til store skader på bygget og gi risiko for personskader.

Klimaet i Norge, med is, snø og tine- og frysesykluser, krever at nedløpssystemer utføres på en frostsikker måte. Løsningen med innvendige taknedløp er godt egnet til å lede smeltevann fra takene frostfritt, ned under terreng, slik at man ikke får skadelig ising på bygget. Innvendige nedløp har vært normal praksis, og også anbefalt byggemåte fra SINTEF Byggforsk, i mange år i Norge (Byggforskserien 525.207, 2018). Løsningen med innvendige nedløp fra flate, kompakte tak er ansett å være en prøvet, trygg og økonomisk rimelig måte å håndtere overvann samtidig som man forhindrer fare for skadelig ising. Det er en god løsning fra et bygnings-

fysikk-perspektiv, men den tar for gitt at rørsystemet som tar imot vannet under bygningen har tilstrekkelig kapasitet til å håndtere avrenningen fra taket, og skyver dermed utfordringene med å håndtere takvann over på et allerede presset overvannssystem.

Ønsket om å bygge flate, kompakte tak kombinert med ønsket om å håndtere overvann lokalt, kolliderer på denne måten med den konvensjonelle og velprøvede løsningen med innvendige taknedløp koblet til offentlig ledningsnett. Nye løsninger må utarbeides som tar hensyn til både overvannshåndtering og bygningsfysikk.

Problemstillingen er dermed som følger: *«Hvordan kan vi håndtere overvann fra bygg lokalt på tomten, samtidig som vi unngår frost og ising i nedløp som igjen fører til fuktskader på bygg?»*

I arbeidet med denne rapporten er det derfor undersøkt om det allerede finnes løsninger på problemet i dag, som enten kan tas direkte i bruk, eller som kan tas i bruk etter noe bearbeiding. Aktuelle løsninger er diskutert og hovedfordeler og -ulempes er gjort rede for. Det finnes ingen universelle løsninger, men et langsiktig mål er å gi anbefalinger som kan brukes over hele Norge, og som fungerer for alle klima og tomteforhold. I dag finnes det ingen omforent veileder for nedløpssystemer, men de aktuelle alternativene og behovene har blitt godt kartlagt. Denne rapporten kan bidra til å gi en felles forståelse for problemstillingene.

1.2. Hvorfor ønsker vi takvannet ut på terrenget?

Overvann er vann som renner av på overflater som følge av nedbør og snøsmelting. I Norge har overvann i urbane områder lenge blitt håndtert ved at det ledes inn i lukkede ledningssystem under bakken, enten til overvannsledninger eller til fellesledninger for spillvann og overvann. Herfra ledes overvannsledninger til resipient, som for eksempel vassdrag, sjø eller elv, og fellesledninger ledes til renseanlegg.

Praksisen med å lede overvann til lukkede ledningssystem kan medføre en rekke ulemper, primært forringelse av det økologiske miljøet (Semadeni-Davies et al., 2008). Ved overskridelse av kapasitet på fellesledninger vil overskytende vann gå i overløp, og urensert spillvann vil slippes ut til resipient, og dermed være en kilde til forurensing. Andre konsekvenser av et overfylt fellessystem er fare for tilbakeslag av avløpsvann til kjellere, at vannet presses opp til terreng via kummer («dansende kumløkk») samt at større mengder vann må renses, som dermed gir større kostnader på renseanlegg. (Ødegaard et al., 2012).

Fra 1950 til i dag har andelen nordmenn bosatt i urbane områder økt fra om lag 50 % til over 80 % (Myklebost, 1979; SSB, 2022). En konsekvens av denne urbanisering er en økt mengde overflateavrenning, som følge av en høyere andel tette flater og forvandling fra natur til annen arealbruk. I takt med klimaendringer er det forventet at intensiteten og størrelsen på nedbørshendelser vil øke med tiden framover, som vil resultere i enda større mengder overvann. Sett i sammenheng med et allerede overbelastet overvann- og spillvannsnett er det derfor nødvendig å gjøre tiltak for å minimere vannmengden til ledningsnett, for å forhindre ødeleggende og dyre konsekvenser.

I nyere tid har det blitt økt oppmerksomhet på at overvann skal håndteres åpent og lokalt, i motsetning til å ledes til ledningsnett. Lokal håndtering av overvann kan virke positivt på lokal vannbalanse og natur, i tillegg til å redusere forekomsten av de negative konsekvensene nevnt tidligere (Vasseljen et al., 2016). En anbefalt strategi for håndtering av overvann i Norge, som baserer seg på lokal overvannshåndtering, er tre-trinn-strategien (Lindholm et al., 2008). Strategien er nylig nedfelt i plan- og bygningsloven og byggteknisk forskrift (TEK 17). De tre trinnene i strategien er:

1. Infiltrere små nedbørsmengder
2. Fordrøye og forsinke større nedbørsmengder
3. Lede overvann trygt i åpne flomveier ved ekstreme nedbørshendelser

Ved å føre takvann ut på terreng muliggjøres trinn én av strategien, da nedbøren får mulighet til å infiltreres til grunnen, tas opp gjennom vegetasjon eller fordampes (Becker, 2016). Vannet blir en del av det naturlige kretsløpet, og grunnens selvrensningsevne utnyttes. Det kan tilrettelegges for enda mer infiltrasjon til grunnen ved å etablere for eksempel regnbed eller infiltrasjonsarealer. For større nedbørshendelser kan man tilrettelegge for trinn to av strategien ved å etablere fordrøyingsløsninger, som for eksempel åpne fordrøyingsdammer eller åpne renner.

Det er flere alternativer for håndtering av takvann i trinn én og to av tre-trinn strategien, og ved å få vannet ut på terreng blir mulighetsrommet større. Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning (KDD, 2018) anbefaler også sterkt at overvannshåndtering bør være naturbasert, noe som innebærer overvannshåndtering på terreng.

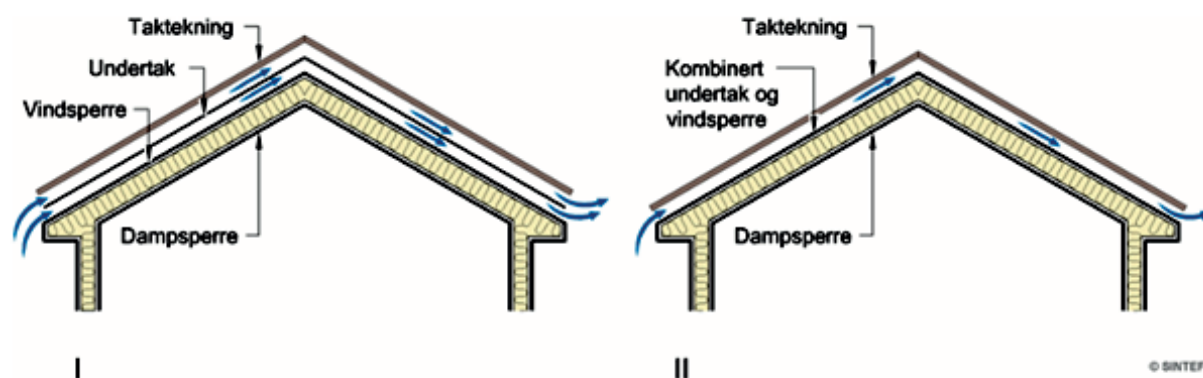
1.3. Hvorfor kan vi ikke føre overvann fra kompakte tak ut på terreng?

Overvann fra kompakte tak kan i utgangspunktet føres rett til terreng, så lenge det er plussgrader i luften. Problemet oppstår i klima med minusgrader over lengre perioder, som i Norge. Når snø legger seg på kompakte tak, som har tekking rett over varmeisolasjonen, og ingen lufting, vil det alltid være noe varmegjennomgang igjennom taket fra oppvarmede rom under. Kombinasjonen av varmestrømmen og snøens isolerende effekt kan føre til at nedre sjikt av snølaget smelter, selv når det er

minusgrader i luften og selv om taket er godt isolert. I tillegg kan snøsmelting forekomme rundt gjennomføringer og overganger til tilstøtende konstruksjoner. Solskinn kan også smelte snø på tak når det er minusgrader i luften, men i begrenset omfang. Smeltevannet vil fryse til is dersom det renner til en bygningsdel som er kaldere enn på takflaten, for eksempel utvendige takrenner og nedløpsrør.

I Norge har man lang tradisjon med å bygge luftede tak, som vist i Figur 1, først og fremst på boliger og mindre bygninger. Hensikten med å lufte tak er todelt: å transportere bort fukt og varme. Sistnevnte er det som er viktig for å unngå snøsmelting, ved å holde taktekningen

(hvor snøen ligger) tilstrekkelig kald, slik at snøen ikke smelter. Det kan da benyttes utvendige nedløp for håndtering av overvann.



To prinsipper for oppbygning av skrå, luftede tretak med isolerte takflater:

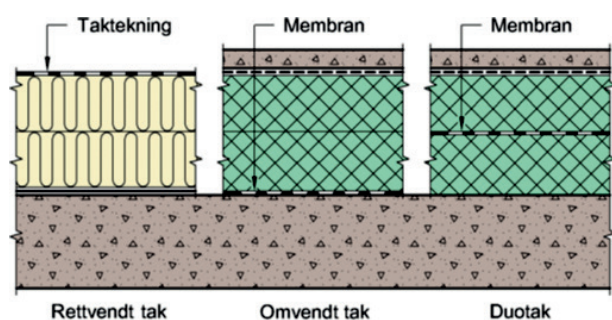
I. med separat undertak og vindsperre

II. med kombinert undertak og vindsperre

Figur 1. Luftede tak. Figur fra SINTEF BKS 525.101 Skrå, luftede tretak med isolerte takflater (2021).

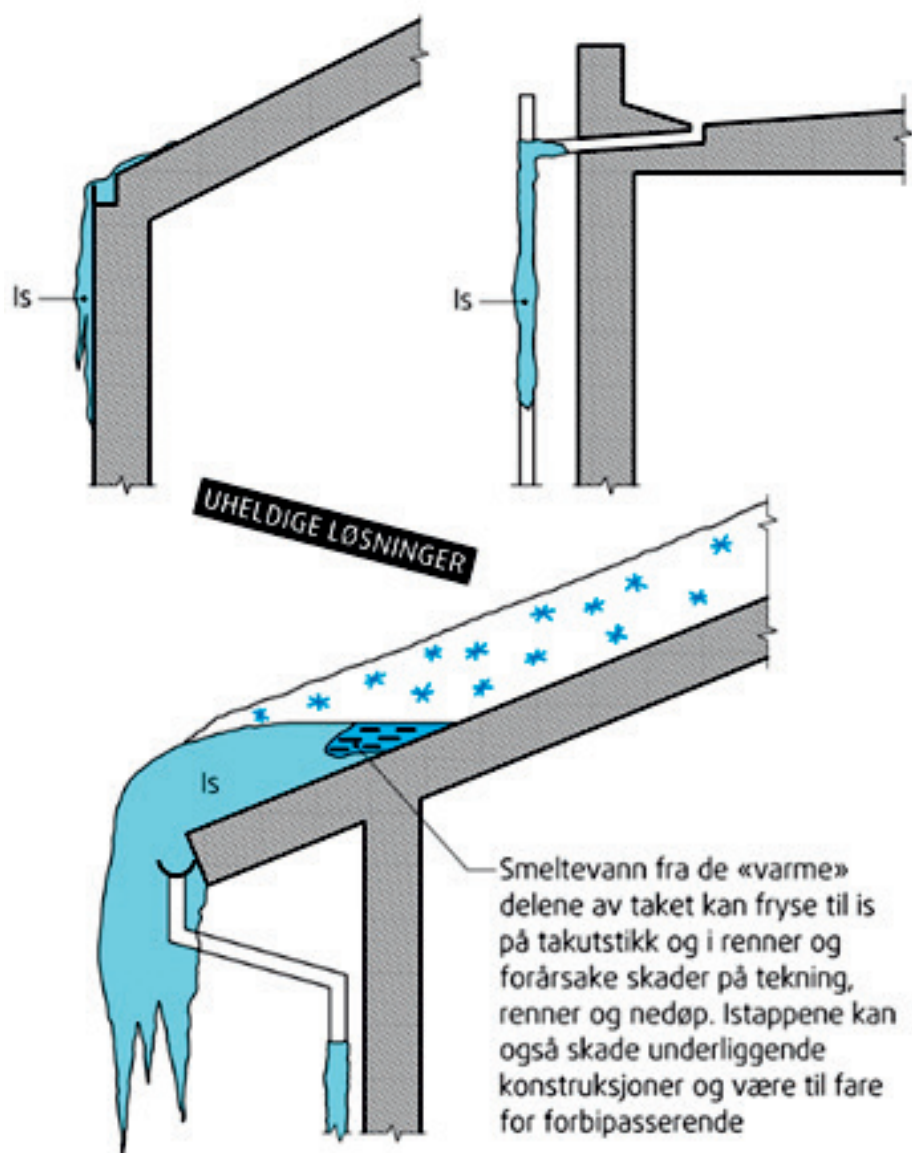
Utfordringen med utvendige taknedløp oppstår altså på tak uten lufting. Det har i mange år vært vanlig å bygge tak uten lufting, spesielt på større bygninger. Slike tak kalles kompakte tak, uluftede tak eller varme tak.

I kompakte tak ligger materialene tett sammen mellom relativt damptette sjikt, vanligvis mellom innvendig dampsperre og utvendig taktekning, som vist i Figur 2. Kompakte tak har som regel all eller det meste av isolasjonen over bærekonstruksjonen, men kan også f.eks. utføres med lette prefabrikkerte elementer, hvor varmeisolasjonen og bærekonstruksjonen ligger i samme sjikt. Kompakte tak kan ha ulike former, bl.a. flatt, buet eller skrått, der flatt er mest vanlig. Denne rapporten tar utgangspunkt i flate kompakte tak.



Figur 2: Ulike prinsipper for oppbygning av kompakte tak. Figur fra SINTEF BKS 525.207 Kompakte tak (2018).

Dersom smelte vann fra kompakte tak føres ut til utvendige takrenner og- nedløp på samme måte som regnvann, er det stor fare for at vannet fryser til is, som vist i Figur 3. Risikopunkter omfatter bl.a. takutstikk, utvendige renner og nedløp. Slik isdannelse kan gi oppdemming av vann, skader på tekning og nedløpsrør, samt nedfall av is. Isdannelse er vanligvis bare et problem i områder hvor det kommer nedbør i form av snø, og gjerne i litt større mengder. Noen eksempler på skader som følge av isdannelse er vist i Figur 4.



Figur 3. Eksempler på uheldig avrenning fra kompakt tak som fører til isdannelse. Figur fra SINTEF BKS 725.118 *Skader i kompakte tak. Årsaker og utbedring* (2012).

Figur 4. Eksempler på frostskeer i utvendige nedløp fra kompakte tak.



Figur 4-1. Utvendig nedløp fra kompakt tak som har fryst.
Foto: Grete Kjeldsen



Figur 4-2. Hall i Lier med utvendige nedløp fra et kompakt tak. Frostspreng har ødelagt røret i en kuldeperiode.
Foto: Grete Kjeldsen



Figur 4-3. Snøsmelting på glasstaket har ført til ising når vannet treffer en kaldere del av taket. Foto: Erik Algaard



Figur 4-4. Damsgårdssundet i Bergen, februar 2021, etter ca. to uker med vedvarende minusgrader. Nedløpsrøret er innkapslet i is. Foto: Bjarne Høstmark

1.4. Konsekvenser av isdannelse

Den mest kjente og mest synlige konsekvensen av isdannelse på tak er istapper, som dannes når smeltetvann renner ut over takutstikket og bygger seg opp til spisse tapper når de hengende vannråpene fryser. Den største faren ved istapper er at de kan brette under sin egen vekt og falle ned fra takutstikket. Dette er særlig uheldig dersom det er trafikk under, for eksempel på fortau i byer. En isklump på 1 kg som faller 10 meter har omtrent like mye kinetisk energi som et hammerslag fra en røslig snekker, og er omtrent like farlig å få i hodet. Alvorlige personskader og/eller dødsfall som følge av is som faller fra tak har forekommet i Norge. Dannelse av istapper er først og fremst et problem på skrå tak, og er som regel et resultat av at taket er for dårlig luftet.

Fallende is kan også være til skade for eksponerte deler av bygningen (som hvis is faller fra et høyt tak ned på et lavere) eller annen eiendom hensatt nedenfor taket, for eksempel parkerte biler eller utemøblement.

Det er den enkelte kommune som setter regler for rydding av tak og pålegg til gårdeiere. I Oslo er takras behandlet i Forskrift om politivedtekt, Oslo kommune, Oslo (2007), der gårdeier settes ansvarlig for å sørge

for at tak blir ryddet ved fare for takras. Dette inkluderer også å sperre av fortau/offentlig grunn før rydding kan utføres og å rydde fortauet for nedfalt snø eller is. Isdannelse vil derfor medføre en betydelig vedlikeholdskostnad for gårdeier, selv dersom nedfall unngås.

Som vist i Figur 3 kan også is være til skade for taket selv om det ikke er fare for nedfall. Dersom takrenne eller nedløp blokkeres av is kan det dannes vanddammer og vanntrykk på taktekningen. Selv små utettheter, som kanskje normalt ikke gir lekkasjer, kan da føre til inntrengning av vann i takkonstruksjonen. Vann som fryser i sprekker (f.eks. skjøter mellom beslag) vil også utvide seg og kan utvide sprekken. Da trenger vann enda dypere inn og neste frysing vil utvide sprekken mer. Prosessen gjentas for hver frysingstimesyklus og kan føre til store fuktskader. (Lstiburek, 2011).

Alt i alt er konsekvensene av isdannelse så store at det ikke kan aksepteres at «det blir litt is» ved valg av en gitt løsning. Det bør etterstrebes å finne løsninger som unngår isdannelse i størst mulig grad.

1.5. Hvordan finne løsninger?

I arbeidet med rapporten har Multiconsult:

- Undersøkt om det finnes eksisterende løsninger på problemet, både eksternt og i samarbeid med partnere.
- Utført litteratursøk.
- Hatt arbeidsmøter i samarbeid med Norsk Vann, Skanska, NTNU mfl. for å diskutere ulike løsninger på problematikken. En større arbeidssamling ble arrangert i oktober 2019 der samarbeidspartnere i forskningsprosjektet Klima 2050 diskuterte og analyserte mulige løsninger.

Utgangspunktet for arbeidet har vært et ønske fra kommunene Oslo, Bergen og Trondheim om å finne en løsning for ledning av takvann til terreng på en frost- og flomsikker måte. Problemstillingen har blitt bearbeidet av Norsk Vann, som ga Multiconsult oppdraget å utarbeide en rapport.

Målet har vært å se om det finnes gode løsninger i dag, og diskutere med kolleger og fagfolk hvordan bedre løsninger kan finnes med noe utvikling og testing.

Rapporten bygger også på forarbeid fra Ole Mangor-Jensen i Skanska, som har presentert og oppsummert problemstillinger og løsninger i samlinger i regi av forskningsprosjektet SFI Klima 2050 (bl.a. Mangor-Jensen, 2020).

1.5.1. Begrensninger

For å ikke gripe over for mye i arbeidet med rapporten, så er følgende avgrensninger gjort:

- Det er ikke vurdert om overvannet kan brukes til et annet formål (vanning, vaskevann etc.).
- Det er ikke vurdert løsninger for håndtering av overvannet som har kommet ut til terrenget.
- Løsninger for å fordrøye eller magasinere vann på tak (grønne/blågrønne tak) er ikke behandlet i detalj.
- Vi har ikke undersøkt påslippsgrenser til det offentlige ledningsnett for de forskjellige kommunene i landet.
- Det er ikke beregnet kostnader i forbindelse med de ulike løsningene som er presentert.

1.5.2. Evalueringskriterier

For å enklere kunne vurdere ulike løsninger opp mot hverandre er det utarbeidet et sett med retningslinjer, eller evalueringskriterier. Her er det forsøkt å velge ut kriterier som svarer ut det som er hensikten med løsningen, samtidig som man ser på andre aspekter ved løsningen. Kriteriene er listet under:

Fordrøyingssevne/utslippsfaktor

Hvor mye av vannet, om noe, går til det offentlige ledningsnett? Et av hovedmålene med løsningen må være å minimere andelen takvann som føres videre til lukkede ledningssystem, og i stedet legge opp til at det håndteres lokalt på tomten.

Risiko for bygget/Fuktsikkerhet

Utgjør løsningen en fare for fuktsikkerheten i bygget? Øker risikoen for fuktskader ved valg av løsningen, sett opp mot tradisjonelle løsninger?

Modenhet, kompleksitet

Finnes det produkter på markedet som kan brukes i løsningen? Må det mye forskning og undersøkelser og utvikling til før den kan brukes?

Byggbarhet

Er løsningen enkel å bygge og hva er kostnaden relativt sett til andre løsninger?

2. Regelverk og veiledere

Dette kapittelet viser noe av regelverket prosjekterende og utførende forholder seg til i etableringen av overvannsløsninger.

2.1. Lovverk og forskrifter

2.1.1. Plan- og bygningsloven

Plan- og bygningsloven inneholder en ny bestemmelse om overvannshåndtering som trer i kraft 01.01.2024, basert på tre-trinnstrategien med infiltrasjon, fordrøyning og trygg bortledning (Glad og Andersen, 2023). Ny § 28-10 lyder «Tiltakshaver skal gjennomføre tiltak slik at overvann i størst mulig grad infiltreres eller fordrøyes på eiendommen. Forsvarlig avledning skal sikres og opparbeides så langt det er nødvendig. Første og andre punktum gjelder så langt ikke annet er bestemt i arealplan. Kommunen kan avslå tiltak som ikke oppfyller kravene i første ledd. Departementet kan gi forskrift om hva som omfattes av kravene i første ledd, blant annet om hvilke overvannsmengder som skal håndteres».

2.1.2. Fuktsikkerhet i TEK17

Håndtering av takvann, sett i sammenheng med å unngå byggskader, er omtalt i TEK17, § 13-12 Nedbør, andre ledd:

«Tak skal prosjekteres og utføres med tilstrekkelig fall og avløp slik at regn og smeltevann renner av. Nedbør, snøsmelting og ising skal ikke føre til skader på byggverket.»

Under «Preaksepterte ytelser» i veiledningen til bestemmelsen heter det bl.a.:

«På tak uten lufting (kompakte tak) må smeltevann ledes fra kaldere til varmere deler av taket, og dreneres bort i nedløp som er frostfritt uten bruk av varmekabler.»

I praksis betyr dette at avrenning fra kompakte tak skal skje gjennom innvendige nedløp. Om man ikke bruker innvendige nedløp, så må man ved prosjektering dokumentere at man ikke får ising som er skadelig for bygget. I deler av landet hvor det forekommer snø hvert år er det i praksis vanskelig å dokumentere at man ikke får skadelig ising ved utvendige nedløp. Dette gjør at det som regel prosjekteres med innvendige nedløp fra kompakte tak (Andenæs et al., 2020).

2.1.3. Overvann i TEK17

Håndtering av overvann generelt omtales i § 15-8 Utvendig avløpsanlegg med ledningsnett. Overvann og drensvann. Her sier første ledd:

«Overvann og drensvann skal i størst mulig grad infiltreres eller på annen måte håndteres lokalt for å sikre vannbalansen i området og unngå overbelastning på avløpsanleggene.»

I veiledningen til bestemmelsen heter det bl.a.:

«Hensikten med bestemmelsen er å unngå at overvann tilføres hovedledningen, og sikre at overvann håndteres lokalt. Dette kan skje gjennom infiltrasjon, utslipp til resipient eller ved å utnytte overvannet som en ressurs.»

I praksis betyr dette at takvann ikke skal ledes til kommunalt overvannsnett, men at det ikke pålegges noen spesifikk løsning for å håndtere det.

I tillegg omtales det i veiledningen til fjerde ledd, bokstav e, som omhandler sikring av avløpsanlegg og ledningssystemer mot frostskaider:

«Anlegget kan frostsikres ved å isolere ledningene eller sørge for varmetilførsel, for eksempel med varmekabel der det er vanskelig å isolere»

2.2. Annen litteratur

2.2.1. Avvanning av takvann og byggskaider

I faglitteratur, bl.a. Byggforskserien fra SINTEF, behandles temaene kompakte tak og avrenning, f.eks. i Byggetaljer 525.207 Kompakte tak (2018). Løsningene for avrenning som beskrives er basert på innvendige nedløp, bl.a. heter det følgende i kapittel 51: *«Kompakte tak må ha innvendige nedløp»*. I Byggetaljer 514.114 Løsning for lokal håndtering av overvann i bebygde områder (2012) og 514.221 Fuktsikring av konstruksjoner mot grunnen (2020) omtales løsninger for håndtering av takvann, bl.a.: *«Takvannet kan også føres til et magasin for fordøyning eller en infiltrasjonsbrønn»* og *«Takvannet kan føres i tette rør til husdrenskum»*. Også takprodusentenes forening skriver at kompakte tak *må* ha innvendige nedløp.

I Byggetaljer 725.118 (2012) står følgende: *«Varmekabler er en nødløsning som kan være rimelig å installere, men løsningen krever tilsyn og vedlikehold. Man må regne med en kort levetid på slike anlegg i forhold til taket for øvrig.»* Varmekabler kan også føre til at utvendige nedløpsrør lettere går tette.

2.2.2. Overvannshåndtering

Ved påkobling til kommunale avløpsanlegg er det, i henhold til Forurensningsloven, kommunen som er forurensningsmyndighet og som kan pålegge særskilte

regler for bruk av anlegget. I vann- og avløpsnormen til flere kommuner står det i klartekst at takvann ikke kan kobles på overvannsnettet (f.eks. Opheimsbakken et al., 2017; Oslo Kommune, 2017; Ringerike Kommune, 2018). Slike regler innebærer i praksis at den konvensjonelle utførelsen av innvendige taknedløp ikke tillates. Merk riktignok at det er påkobling av taknedløp som rammes av reglene, ikke typen taknedløp i seg selv. Fra et bygningsfysikk-ståsted er det en tilsvarende god løsning at nedløpene kobles på kum eller fordøyingsmagasin i frostfri dybde. Med utkast over terreng oppstår visse komplikasjoner som behandles i kapittel 3 og 4.

Oslo kommune har i sin nye overvannsveileder (Oslo Kommune, 2023) satt krav om at tre-trinnstrategien skal legges til grunn for overvannshåndtering på alle eiendommer i kommunen, blant annet med følgende funksjonskrav: *«10 mm nedbør fra hele tiltaksområdet skal ledes til permeable flater og infiltreres i løsmasser eller samles opp og gjenbrukes innenfor tiltaksområdet. I områder der infiltrasjon frarådes, må kravene og ev. løsninger vurderes særskilt. Avrenning fra et klima-justert 5 årsregn skal fordøyes på tiltaksområdet.»*

2.3. Spørreundersøkelse internt i Multiconsult

Multiconsult prosjekterer bygg over hele landet. I arbeidet med denne rapporten har vi gjennomført en undersøkelse om hvordan det er vanlig å prosjektere nedløp fra flate, kompakte tak. Undersøkelsen har gått ut i vårt kompetansenettverk for energibruk og bygningssyskikk, da bygningssysikere har ansvar for fukt-sikkerheten i bygget, og skal alltid være involvert i

avgjørelser som knytter seg til valg av utvendige nedløp. Undersøkelsen viser at kontorene i Kristiansand og Stavanger generelt er mer positive til utvendige nedløp, da områder ved kysten helt sør og vest i Norge sjelden opplever mye snø og minusgrader, og dermed har små problemer med isdannelse i nedløpene.

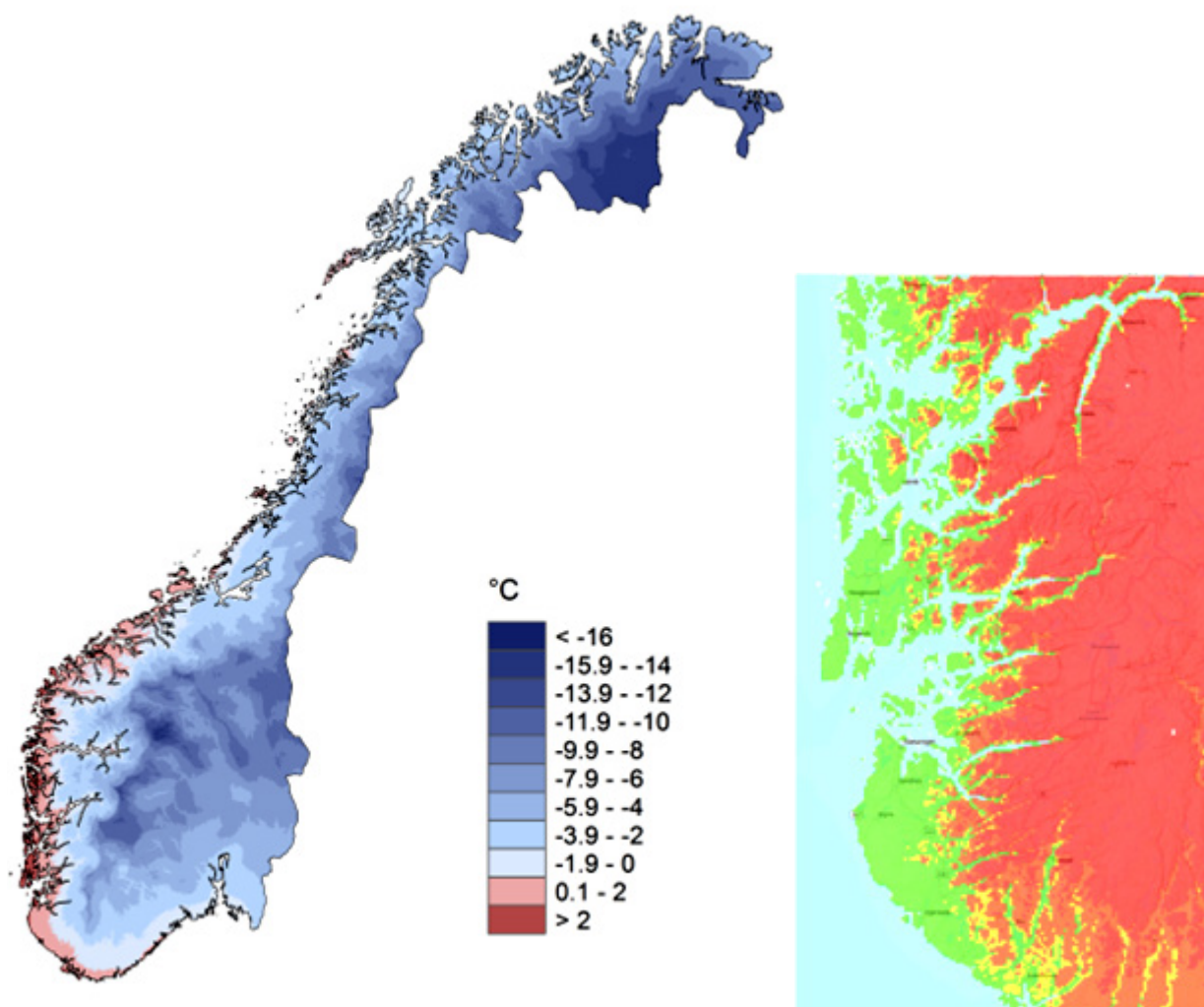
2.4. Forskning på feltet

Nylige masteroppgaver ved NTNU har undersøkt bruken av utvendige nedløp fra kompakte tak og risikoen for isdannelse (Berg, 2023; Skagseth, 2021). Disse viser at snøsmelting og isdannelse er vanskelig å modellere, bl.a. fordi dette avhenger av snøens varmekonduktivitet, som kan variere svært mye. Lokale forhold som temperatur, solstråling, helning og overflatens egenskaper bestemmer hvorvidt smeltevatnet fryser før det kan renne av taket. En risikovurdering må dermed ta utgangspunkt i ganske usikre data. Som tommelfingerregel for stasjonære beregninger brukes varmekonduktivitet for snø, $\lambda_{snø} = 0,12 \text{ W/mK}$, hentet fra målingene til Sturm et al. (1997), og at smeltevatn fryser før det renner av taket når utvendig temperatur er lavere enn $-5,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$, etter erfaringsdata fra Tobiasson et al. (1994).

I masteroppgaven til Martin Berg (2023) er det benyttet værdata for å undersøke risiko for isdannelse ulike steder i Norge, med Sør-Vestlandet brukt som eksempel for simulering og tegning av risikokart. Det understrekes at det fremdeles er en stor mangel på data om hva som regnes som akseptabel risiko, og at kartene kun er basert på forenklete beregninger. Kartene kan derfor kun brukes til å illustrere *relativ* risiko – altså at områder i laveste risikoklasse har mye lavere risiko for isdannelse enn områder i høyeste risikoklasse, uten at det kan fastslås hvorvidt risikoen er akseptabel eller uakseptabel i noen av områdene. Kartene viser derimot at den relative risikoen for isdannelse er drastisk høyere utenfor områder i maritim temperert klimasone, en klimasone som i Norge stort sett betegner lavland langs kysten. Derfor er det antagelig ikke aktuelt å benytte

utvendige nedløp uten varmekabler i noen andre klimasoner i Norge. Også innenfor maritim temperert klimasone bør det gjøres individuelle vurderinger av risiko.

Maritim temperert klimasone kjennetegnes av et mildt klima med lite snø, som gjør at snøens omtrentlige omfang er synlig på mange typer kart over vinterforhold i Norge, som middeltemperatur eller snødybde. Figur 5 viser middeltemperaturer om vinteren for ulike steder i Norge i årene 1971-2000. I figuren er omtrentlig grense for maritim temperert klimasone synlig som et tynt bånd langs kysten fra Trøndelag til Agder. Utenfor dette smale området er risikoen for isdannelse altså betraktelig høyere. Selv om klimaet blir noe mildere på grunn av klimaendringer, vil det fortsatt være få steder i landet som ikke opplever frysetemperaturer.



Figur 5. Venstre: Middeltemperatur for vinteren 1971-2000 (Hanssen-Bauer et al., 2015). Høyre: Risikokart for isdannelse i et utsnitt av Sør-Vestlandet, hvor grønn farge representerer lavest risiko og rød er høyest risiko (Berg, 2023).

2.5. Oppsummering av regelverk og litteratur

Lovverket for håndtering av overvann uttrykker tydelig at løsninger med nedløp koblet til kommunal overvannsledning ikke lenger er tillatt og må unngås. Det legges vekt på infiltrasjon og fordrøyning på tomten i de aller fleste tilfeller, i henhold til tre-trinnstrategien. Det innebærer ikke nødvendigvis at takvann skal ut på terrengoverflaten, men det fremheves gjerne som ønskelig. Kommuner står frie til å konkretisere kravene om lokal infiltrasjon og fordrøyning som gitt i plan- og bygningsloven, men også til å gi dispensasjon fra dem.

Bygningsfysisk sett blir den konvensjonelle løsningen med innvendige nedløp fra kompakte tak fremdeles omtalt som en standard løsning av både regelverk, veiledere og litteratur. I veiledningen til TEK17 angis

løsningen som en preakseptert ytelse, som gjør at avvik fra løsningen må prosjekteres/dokumenteres i hvert enkelt tilfelle. Dette er fordyrende og medfører risiko for både utførende og prosjekterende. Altså er det sterkt behov for å oppdatere regelverk og veiledere for å få inn en bedre løsning som preakseptert ytelse.

Veiledningen til bestemmelsene i TEK17 om fuksikring, viser at man skal unngå varmekabler av hensyn til energiøkonomi og driftssikkerhet i prosjektene. På en annen side åpner regelverket for vann og avløpsinstallasjoner at varmekabler kan benyttes for å holde rør frostfrie.

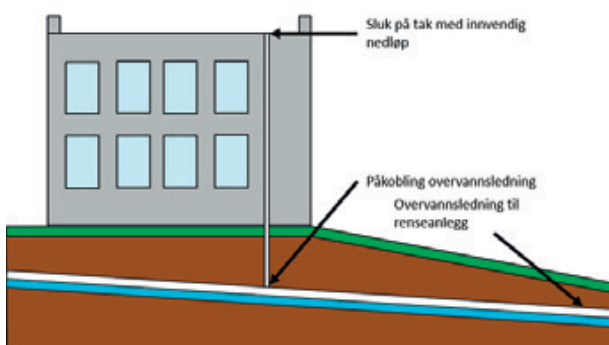
3. Erfaringer og praksis med avrenning fra kompakte tak

Regelverket for bygninger tilsier at man kan bygge kompakte tak med utvendige nedløp så lenge det dokumenteres at det kan gjøres på en fuksikker måte.

I dette kapittelet vises eksempler fra reelle prosjekter, både med innvendige og utvendige nedløp fra kompakte tak.

3.1. Konvensjonell løsning – innvendige nedløp

I Norge er drenering av takvann fra kompakte tak tradisjonelt og vanligvis løst med innvendige nedløp, i tråd med regelverk og anbefalinger. Det samme gjelder også sammenliknbare land, som Finland og Sverige. Med denne løsningen blir takvannet tilført kommunalt overvannsnett og ledet til renseanlegg. Løsningen er illustrert i en prinsippskisse i Figur 6.



Figur 6. Prinsippskisse av konvensjonell utføring av innvendige taknedløp.

Som beskrevet i kap. 2. er løsningen anerkjent av de fleste bransjeaktører som velprøvd og fuksikker, og danner også grunnlag for veiledningsteksten i TEK17 for fuksikker håndtering av overvann fra kompakte tak. Prosjekterende og utførende kan vise til en mengde prosjekter med denne type løsning, og det er basert på Multiconsults erfaring, sjeldent feil som kan føres tilbake til nedløpsløsningen, hverken med lekkasjer i de innvendige nedløpsrørene eller selve slukene.

Imidlertid benyttes til en viss grad også utvendige nedløp fra kompakte tak, først og fremst i kystområder i sørvest-Norge. Her er det milde vintere og lite snø, og en slik løsning kan fungere godt. Også i deler av andre land med lignende klima som i Norge, f.eks. Sverige og

Finland, er innvendige taknedløp vanlig. Danmark har et mildere klima som sjelden ser snø, og der benyttes utvendige nedløp også fra flate tak, vanligvis med takrenne. Det bemerkes dog i Byg-Erfa (dansk veiledning tilsvarende Bygghandboken) at nødoverløp fra flate tak bør utføres så de ikke kan tilstoppes av is (Byg-Erfa, 2011).

Det finnes naturligvis eksempler på at det er benyttet utvendige nedløp, også i kalde og snørike deler av Norge – både med gode og dårlige erfaringer – men det er ikke gjort omfattende studier eller erfaringsinnhenting (Andenæs et al., 2020). Bortsett fra klimaet er det en del andre forhold som innvirker på om en slik løsning kan fungere, f.eks. isolasjonstykkelse og innetemperatur. (Berg, 2023; Skagseth, 2021).

I de neste avsnittene, og tilsvarende avsnitt i de neste kapitlene, blir løsningen analysert etter kriteriene beskrevet i avsnitt 1.5.2.

3.1.1. Fordrøyingssevne/utslippsfaktor

Denne konvensjonelle løsningen er utformet uten særlig tanke på lokal overvannshåndtering, f.eks. fordrøyning og infiltrasjon, men er laget for å få regnvann og smeltevann vekk fra taket mest mulig raskt og effektivt. Takvannet ledes rett på offentlig overvannsledning bort fra bygget. Dermed er løsningen svært uheldig sett fra et overvanns-perspektiv.

3.1.2. Risiko for bygget/Fuksamhet

En bygningsteknisk ulempe med innvendige nedløp er at takvannet føres gjennom bygningskroppen, noe som unngås ved bruk av utvendige nedløp. Selv om det sjelden meldes om skader, er det alltid en viss risiko forbundet med gjennomføringer i takmembranen og vannfylte rør inne i bygningen.

3.1.3. Modenhet, kompleksitet

Løsningen har vært standard praksis i lang tid. Det finnes en mengde produkter på markedet og veiledninger for sikker utførelse.

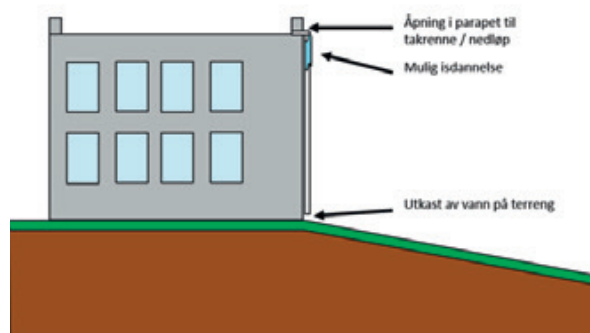
3.1.4. Byggbarhet

Løsningen anses å være forholdsvis enkel å bygge, ettersom den har vært i bruk i lang tid og bransjen er godt kjent med den.

3.2. Utvendige nedløp uten varmekabler

Til tross for mangelen på anbefalinger og dokumenterte løsninger, blir kompakte tak av og til bygget med utvendige takrenner og nedløp, og uten varmekabler. En prinsippskisse av løsningen er vist i Figur 7. Noen eksempler fra virkeligheten er avbildet i Figur 8. Denne løsningen kan fungere for tak over uoppvarmede rom, da det ikke kommer noen varmestrøm innenfra som kan smelte snø. Over oppvarmede rom kan løsningen fungere i klima der det sjelden eller aldri legger seg snø på tak, men selv da må man akseptere risiko for at det oppstår isdannelse i løpet av byggets levetid. Per i dag finnes det ikke noen entydige anbefalinger for hvor høy risiko som er akseptabel eller hvilke steder i Norge klimaet kan regnes som «trygt», noe som gjør denne løsningen beheftet med stor usikkerhet. Også meget godt isolerte tak vil gi redusert varmegjennomgang, som gir en redusert risiko for snøsmelting. En betydelig oppdimensjonering av takrenner og -nedløp kan redusere risikoen for at smeltevann som fryser til is blokkerer nedløpene. Slike løsninger finnes det liten erfaring med, og må vurderes og prosjekteres spesielt.

Det bør bemerkes at det er utfordrende å bygge med kun utvendige nedløp på svært store tak. SINTEF anbefaler å benytte ett sluk per 200-250 m² takflate, med fall mot sluk eller renne på minimum 1:40 (Byggforskserien 525.002, 2018). Store lagerbygg kan ha takflater som er over 100 meter brede, og dermed kreve svært store isolasjonstykker midt på taket dersom alt vannet skal ledes med tilstrekkelig fall flere titalls meter til sluk ved parapet.



Figur 7. Prinsippskisse av konvensjonell utførelse av utvendige nedløp.

Figur 8. Ulike utføringer av utvendige nedløp fra kompakte tak. Merk at det kan hende at det ligger varmekabler i de avbildede nedløpene, men dette var ikke synlig da bildene ble tatt. Alle bilder: Erlend Andenæs.



Figur 8-1. Utvendig nedløp fra sluk ved parapet.



Figur 8-2. Sluk på terrasse over oppvarmet areal.



Figur 8-3. Kompakt tak med fall mot utvendig takrenne.



Figur 8-4. Slisse i parapet med utvendig takrenne.

3.2.1. Fordrøyingsevne/utslippsfaktor

Denne løsningen lar takvannet ledes ut på terreng og er derfor kompatibel med løsninger som regnbed eller grøfter på terrenget. Den kan også brukes i kombinasjon med grønne tak.

3.2.2. Risiko for bygget/Fuksikkerhet

Løsningen er svært utsatt for isdannelse dersom klimaet ikke er spesielt mildt eller snøfattig. Utover dette er den en enkel og pålitelig løsning.

3.2.3. Modenhet, kompleksitet

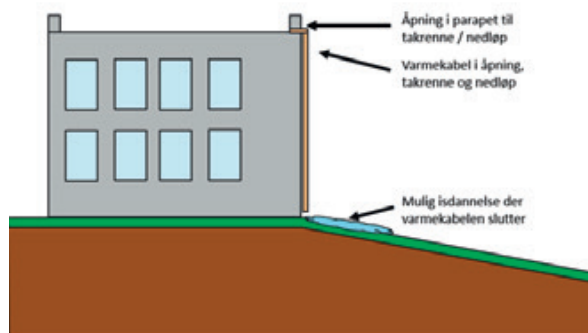
Løsningen er lite teknisk kompleks, ettersom den ikke omfatter komplekse sluk- eller ventil-løsninger eller varmekabler.

3.2.4. Byggbarhet

Løsningen er enkel å prosjektere og bygge. Utfordringen er å finne ut hvorvidt det er en god ide å gjøre det.

3.3. Utvendige nedløp med varmekabler

For å sørge for at smeltevann ikke fryser til is i nedløpene er det mulig å bruke varmekabler. De legges da inne i hele nedløpsrøret, helt til utkastet, som vist i prinsipp-skissen i Figur 9. Der varmekabelen slutter, eller dersom den slutter å fungere, vil smeltevannet fryse til is når det er kuldegrader ute. Varmekabler kan være svært energikrevende og bør brukes sparsomt.



Figur 9: Prinsippskisse av utvendige nedløp med varmekabel.

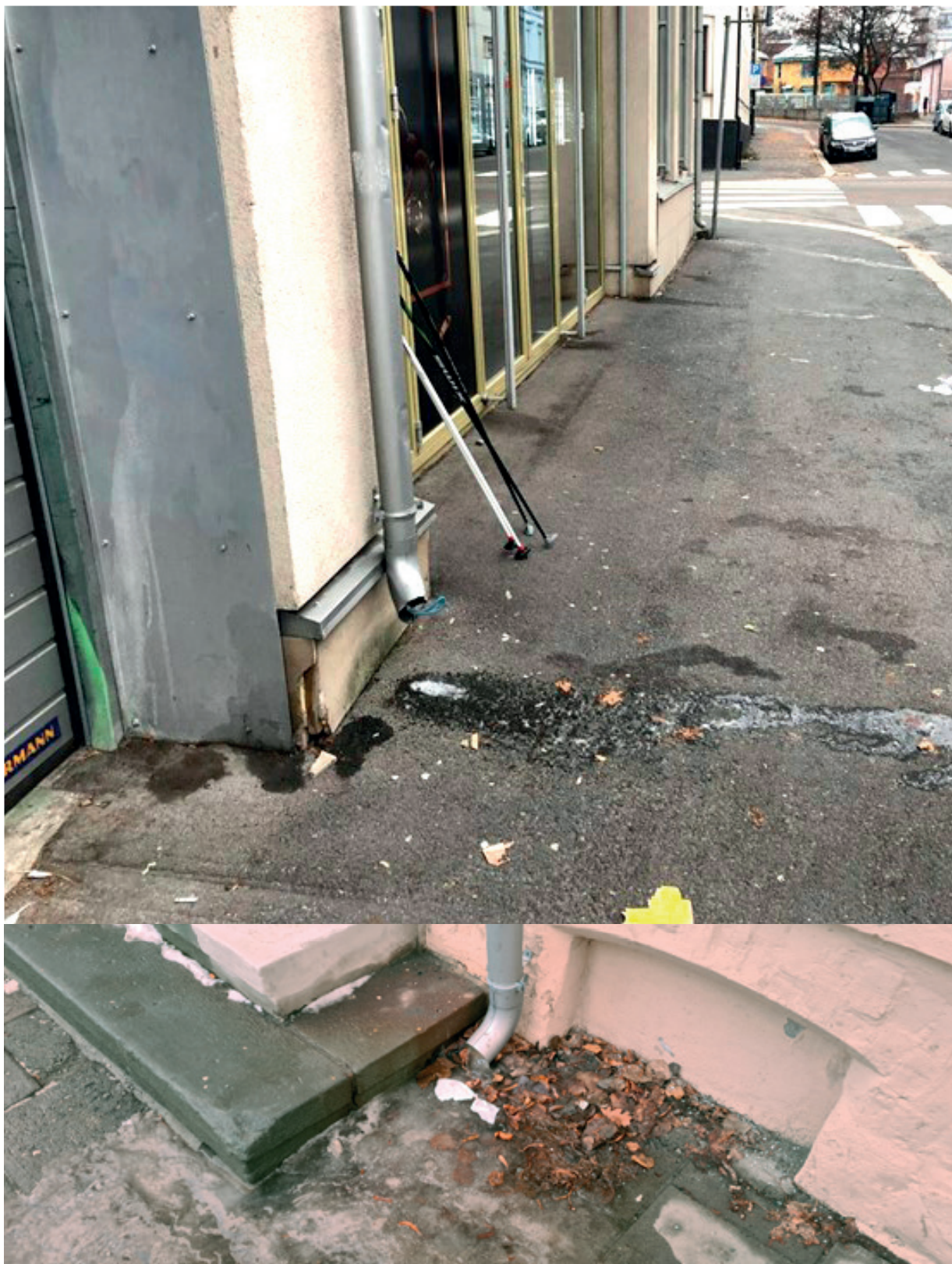
Bruk av varmekabler er en mer sårbar løsning sammenliknet med en passiv løsning som innvendige nedløp. Etter en tid vil varmekablene slutte å fungere som følge av at de har nådd sin levetid, og det er alltid en risiko for driftsstans og feil. Dersom man ikke har gode rutiner for kontroll og testing av varmekablene i løpet av vinterseongen kan det fort oppstå skader på bygget.

Det finnes en rekke eksempler på at man har bygget kompakte tak med utvendige nedløp med varmekabler. Både tidligere Erichsen og Horgen, Skanska, Multiconsult, Rambøll m.fl. har prosjektert tak hvor dette har blitt bygget. Forutsetninger for prosjektering av utvendig nedløp med varmekabler er gitt i dette kapitlet. Selv om varmekabler strengt tatt ikke er en god løsning,

erkjenner vi at det brukes, og vil derfor liste opp noen momenter som bør være i tankene om varmekabler velges.

Det er ikke å anse som et forskriftskrav at varmekabler skal unngås, det er kun en preakseptert ytelse i veiledningen. Derimot bør det anses som en nødløsning, og brukes kun dersom annen løsning ikke er mulig, f.eks. ved avrenning fra glasstak. Fra et bygningsfysisk og energioekonomisk perspektiv bør løsningen unngås. Dette fordi den fører til mer energibruk og mer vedlikehold enn en løsning med innvendige nedløp. I tillegg er løsningen forbundet med større risiko enn innvendige nedløp, da den avhenger av at varmekablene fungerer. Det er også en større fare for at nedløpsrøret tetter seg, ved at løv og rusk henger seg fast i varmekabelen i stedet for å bli spylt ut gjennom røret.

I tillegg bør det bemerkes at varmekabler kun forhindrer isdannelse der kabelen ligger. Der varmekabelen slutter, i eller nedenfor utkastet, vil smeltevann kunne fryse til is på bakken. Det betyr at man må legge utkastet fra nedløpene i områder hvor isen hverken skader bygget eller fører til ising i gangbaner til ulempe og fare for mennesker. Situasjoner som vist i Figur 10, altså utkast ved fortau, er spesielt uheldig fordi det dannes issvuller på tvers av fortauet.



Figur 10. Øverst: Eksempel på nedløp med varmekabel (synlig i utkastet) hvor smeltevann har frosset etter å ha rent ut av utkastet, og det er i ferd med å dannes en issvull på fortauet. Foto: Cecilie Schmidt Overøye. Nederst: Større issvull som har dannet seg ved et utkast nedenfor et trappetrinn. Foto: Erlend Andenæs

SINTEF Byggforsk fraråder i stor grad bruk av varmekabler i sine detaljblader, og det finnes ingen gode veiledninger for hvordan denne løsningen skal utføres. Det er en løsning med betydelige ulemper. Dersom man likevel velger å benytte denne løsningen, bør følgende sjekklistepunkter følges:

Nedløp

- Taknedløp føres åpent og synlig hele veien slik at skadde eller tette nedløp raskt vil bli oppdaget. Lekkasje på nedløp vil da skje på utsiden av veggkledningen, som reduserer risikoen for fuktskader i bygningskonstruksjonen. Dersom nedløp føres gjennom parapet/gesims må denne detaljen vies særlig oppmerksomhet
- Nedløp føres vertikalt langs yttervegg. Bend og skråføringer må unngås
- Nedløpsrør må dimensjoneres for bruk av varmekabler og varmekablene må monteres slik at nedløpet ikke så lett tilstoppes
- Nedløpsrør må unngås over eller like ved områder med persontrafikk, som inngangspartier, gangstier, fortau eller lignende, for å unngå personskader ved nedfall av istapper
- Nedløp med varmekabel må føres til et sted der smeltevannet ikke kan skade konstruksjonen eller være til sjenanse eller risiko for brukerne

Varmekabler

- Det må monteres varmekabler i samtlige utvendige nedløp, takrenner og kalde takutstikk som fører til nedløp. Dersom taknedløpet føres gjennom parapet, må varmekablene føres et stykke inn på taket
- Varmekabler må monteres med dobbel kabling i hvert nedløp, på to separate el-kurser
- Hver enkelt takflate må ha flere nedløp med varmekabler slik at svikt på ett taknedløp ikke vil forårsake annen vannansamling på tak enn et tett innvendig sluk ville gjort
- RIE eller leverandør må ta ansvar for dimensjonering av varmekabler og prosjektere løsning for montering/plassering. Normalt ligger nødvendig effekt rundt 30-50 W/m takrenne. Nedløp og takrenner må holdes frostfrie uten at varmekabelen skader materiale den er montert på
- Energiforbruket må holdes på et forsvarlig nivå. Dette kan innebære selvbegrensende varmekabler med utkoblingsmulighet om sommeren, termostatstyrte varmekabler eller andre løsninger som minimerer energibehovet. Styringen bør være så god at varmekablene f.eks. ikke står på når det er kuldegrader, men ikke snø

Tak

- Det må tas hensyn til nedbøying og deformasjon av taket, slik at det sikres gode fallforhold over tid. Dette er spesielt viktig dersom nedløpet plasseres ved parapet/gesims, siden parapeten vil være et naturlig høybrekk uten nedbøying
- Taktekkingen må tåle vanntrykk fra oppdemmet vann. Selv om nedløpet holdes varmt med varmekabler vil det fortsatt kunne danne seg issvuller der varmekablene stopper, som medfører at fritt vann kan bli stående

Oppfølging og FDV

- Det må utarbeides rutiner for vedlikehold og rengjøring av takrenner og -nedløp slik at disse ikke demmes opp som følge av løv, rusk og lignende
- Det etableres overvåkning av varmekabler som medfører at feil oppdages tidlig. Dette innebærer sikring/regulator med tilbakemelding til SD-anlegg, eller annen FDV-beskrivelse som sikrer at feil på varmekabel oppdages tidlig før det oppstår skader

3.3.1. Fordrøyingsevne/utslippsfaktor

Denne løsningen lar takvannet ledes ut på terreng og er derfor kompatibel med åpen overvannshåndtering på terreng, f.eks. regnbed eller grøfter. Den kan også kombineres med grønne tak.

3.3.2. Risiko for bygget/Fuktsikkerhet

Dersom varmekablene slutter å fungere eller ikke aktiveres, er løsningen utsatt for frost. Tilstopping av nedløpsrør når rusk setter seg fast i kabelen og tetter røret kan gi risiko for vannskader.

3.3.3. Modenhet, kompleksitet

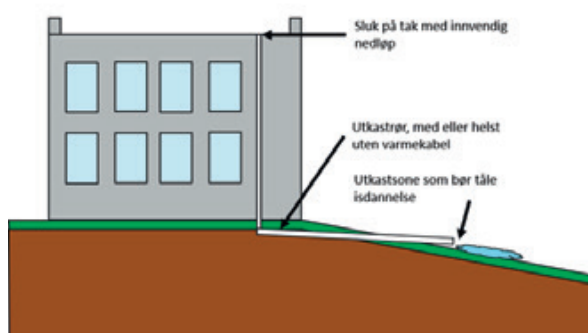
Løsningen anses ikke å være spesielt kompleks. En strømledning må kunne kobles på varmekabelen og helst føres så den er enkelt tilgjengelig for inspeksjon og vedlikehold. Varmekabelen må også kunne styres på en pålitelig måte, for å sikre at den skruer seg på når det er behov for den.

3.3.4. Byggbarhet

Løsningen er enkel å bygge, ettersom den har vært i bruk i lang tid og bransjen er godt kjent med den.

3.4. Innvendig nedløp som ledes ut til terreng

Verken regelverk eller lokale VA-bestemmelser er til hinder for å benytte innvendige nedløp, så lenge nedløpet ikke kobles til kommunal overvanns- eller fellesavløpsledning. Innvendige nedløp som føres til utløp på terrenget utenfor bygningen er derfor en tilfredsstillende løsning. En slik løsning, der utkastet ligger i skrånende terreng nedenfor bygget, er illustrert i Figur 11. Utkastet kan i prinsippet også føres ut av bygningen over terreng.



Figur 11: Prinsippskisse av innvendig nedløp som ledes ut til terreng.

Merk at det er helt nødvendig at tomten er skrånende for å kunne ha utkastet lavere enn gulvnivå i kjeller. Løsningen kan også kombineres med fordryingsmagasin under bakken, hvor utløpet som anvist her bare er et overløp ved store nedbørsmengder.

Det kan være en utfordring å utforme utkast på en frostsikker måte. Smelte vann som renner helt til utkastet når det er minusgrader ute vil til slutt fryse, enten på terreng under utkastet eller i selve utløpsrøret. For å unngå at utkastet blir tilstoppet av is, bør diameteren på utkastet være stor nok til at isdannelse gjennom vinteren ikke fyller hele tverrsnittet. Derimot bør utkastet ikke være av en slik størrelse, utforming og plassering at barn kan finne på å klatre inn i det, eller noen på annen måte prøver å tukle med det. En rist i utkastet vil hjelpe på sikkerheten. Et utkast for denne typen nedløpssystem er avbildet i Figur 12.



Figur 12: Utkast på terreng fra innvendig nedløp.
Foto: Multiconsult.

3.4.1. Fordrøyingssevne/utslippsfaktor

Løsningen lar seg lett kombinere med forskjellige tiltak for overvannshåndtering, også på taket ettersom innvendige nedløp er frostfrie.

3.4.2. Risiko for bygget/Fuksikkerhet

Løsningen fungerer omtrent som den konvensjonelle, bortsett fra utkastet. Dersom utkastet tilstoppes på grunn av is eller vandalisme, kan det bygge seg opp vanntrykk i utløpsrøret som kan være risikabelt for bygningen.

3.4.3. Modenhet, kompleksitet

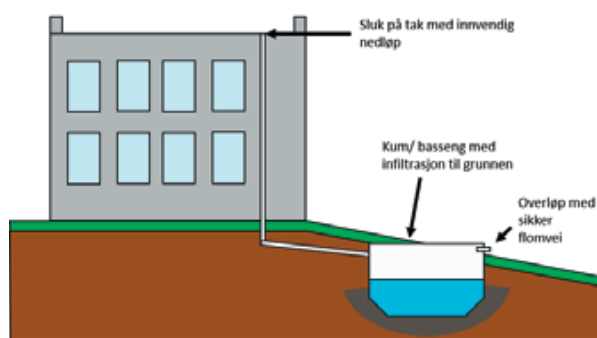
Det finnes ingen omforente veiledere eller preaksepterte detaljer, så løsningen bør vies ekstra oppmerksomhet i prosjektering og bygging.

3.4.4. Byggbarhet

Løsningen forutsetter at det kan lages et utkast nedenfor bygget, helst lavere enn laveste gulf, hvor det er akseptabelt at is kan dannes om vinteren. Dette er ikke mulig på alle tomter.

3.5. Innvendig nedløp til fordrøyingsbasseng

Denne løsningen er en variant av konseptet beskrevet i avsnitt 3.4. Her ledes et innvendig nedløp til en kum eller fordrøyingsbasseng under laveste gulvnivå på egen tomt, hvor det har mulighet til å infiltrere ned i grunnen over tid. En slik løsning har blitt benyttet på Skanskas prosjekt Fagerlunden på Bekkestua og på ZEB-laboratoriet i Trondheim. Løsningen krever at det finnes et nødoverløp, lavere enn laveste gulv i bygningen, som kan lede overskytende vann trygt vekk dersom kummen/bassenget går fullt. En prinsippskisse av løsningen er vist i Figur 13.



Figur 13: Prinsippskisse av innvendig nedløp som føres til fordrøyingsbasseng.

Løsningen krever noe plass på tomten (men legger ikke nødvendigvis beslag på areal på bakkenivå) og vil ikke lede vann ut på terreng, men vil være godt egnet til å håndtere både overvann og frost på en sikker måte. Ledning som leder vann til fordrøyingsbasseng må utføres på en frostsikker måte.

3.5.1. Fordrøyingsevne/utslippsfaktor

Løsningen vil være godt egnet til overvannshåndtering, og kan håndtere både takvann og annet overvann dersom kummen/bassenget er stort nok. Infiltrasjonskapasitet vil avhenge av lokale grunnforhold.

3.5.2. Risiko for bygget/Fuktsikkerhet

Løsningen medfører lav risiko, byggeteknisk sett.

3.5.3. Modenhet, kompleksitet

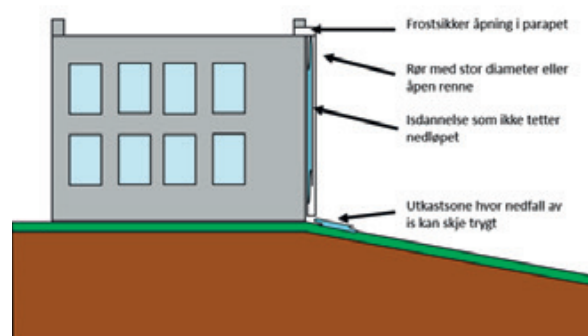
Løsningen er utprøvd, men veiledere for utforming er ikke kjent. Det vil være en viss organisatorisk kompleksitet ved løsningen, ettersom den involverer flere fag i utformingen.

3.5.4. Byggbarhet

Løsningen krever at tomten har plass til et fordrøyingsanlegg, og infiltrasjonsmuligheter vil være begrenset av grunnforhold. Et trygt overløp ved fullt basseng må kunne etableres.

3.6. Utvendige nedløp som tåler isdannelse

Tanken bak dette konseptet er å bygge utvendige nedløp som i avsnitt 3.2, på en måte som gjør at det ikke tar skade av isdannelse. Dermed kan risikoen for isdannelse aksepteres gjennom at konsekvensene minimeres. Dette kan gjøres gjennom nedløp med store dimensjoner, så de ikke fryser tett, eller nedløp som er åpne. De to prinsippene er illustrert i Figur 14. To mulige utførelser av prinsippet er vist i Figur 15.



Figur 14: Prinsippskisse av utvendige nedløp som tåler isdannelse.



Figur 15: Venstre: Taknedløp med svært stor diameter, fra St. Petersburg i Russland (Skjermdump fra Google Street View, ©Google 2023). Høyre: Taknedløp utformet som innfelt renne i fasaden (Foto: Ivar Andenæs).

Tanken bak å bruke store nedløpsrør er at man planlegger for at det skal bli ising i nedløpet, men at isen ikke tetter nedløpet fordi diameteren er for stor. Dette avhenger av at man har en viss formening om hvor mye snøsmelting, og dermed ising, man kan forvente.

Med åpne nedløp menes nedløpsrenner eller andre løsninger som ikke stenger vann inne i et lukket rør. Nedløpet kan være utformet som en åpen renne, eller på andre måter la vann renne fra taket langs en utvendig overflate. Hengende kjettinger er en gammel norsk løsning som kan fungere på denne måten.

Enkelte steder kan løsningen tenkes å fungere, muligens i kombinasjon med andre tiltak. Aktuelle brukssituasjoner kan være bygninger i snøfattige områder, svært godt isolerte bygninger eller bygninger med redusert innnetemperatur.

3.6.1. Fordrøyingsevne/utslippsfaktor

Løsningen vil fungere som et konvensjonelt utvendig nedløp utenom fryseseongen, og være kompatibel med fordrøyingsløsninger deretter.

3.6.2. Risiko for bygget/Fuktsikkerhet

Ved bruk av denne løsningen vil is sannsynligvis dannes, noe som kan gi en utfordring for utforming av beslag og eventuelle gjennomføringer i parapet. Det må unngås at is dannes langs kanten av taket og demmer opp smeltevann.

Nedløp som innfelt renne i fasaden, som vist i Figur 15, gir stor risiko for isdannelse langsmed fasaden, og kan medføre frostsprengning og vanninntrengning. Innfelte renner er en svært risikabel løsning.

Dette konseptet tar utgangspunkt i at is vil bli dannet og at nedfall kan forventes, særlig i forbindelse med smelting. Derfor må renner, nedløp og utkast nødvendigvis legges slik at nedfall av is ikke skader folk eller

eiendom, noe som ikke alltid er mulig. Løsningen kan dermed ikke brukes i slike tilfeller.

3.6.3. Modenhet, kompleksitet

Løsningen er lite i bruk i Norge utenom enkelte småhus og eldre bygninger som stabbur eller hytter, der kjettinger fungerer som taknedløp. Det vites ikke om noen god, eksisterende måte å utforme takrenner og nedløp slik at de tåler isdannelse i store mengder. Det er vanskelig å vite nøyaktig hvor stor diameter man må ha på rørene for at de ikke skal gå tett med is eller deformeres av påkjenningene. Dette vil være avhengig av lokasjon i Norge og variere fra år til år. Det er en fare for at man må kraftig overdimensjonere rørene for å sørge for at man tar høyde for ekstremår, og det kan måtte kreve noe oppfølging og vedlikehold for å holde rørene frostfrie i vinterhalvåret.

Nedløpsrør med stor diameter vil også nødvendigvis ta stor plass, og kan gjøre det nødvendig å trekke vegger et stykke inn fra tomtegrensen. Slike store rør kan også

være en estetisk/arkitektonisk utfordring, ved at de kan virke voldsomme og ruvende, men kan muligens i noen tilfeller implementeres som et arkitektonisk element.

Nedløpsrør med stor diameter er vanlig i bruk i deler av Russland, og ser ut til å være et foretrukket konsept for taknedløp i St. Petersburg. En tråd på nettforumet Quora antyder at bulker i nedløpsrørene er et vanlig syn i St. Petersburg, enten på grunn av vandalisme eller fordi rørene blir banket på for å fjerne is (Quora, 2016). Det har ikke latt seg gjøre å finne noe særlig informasjon om løsningen på norsk eller engelsk. Å søke etter litteratur på russisk har ikke blitt prioritert i forbindelse med arbeidet.

3.6.4. Byggbarhet

Å montere store nedløp eller åpne renner er ikke teknisk vanskelig. Det er derimot en uløst utfordring å lage en overgang fra tak til takrenne som tåler ising på en god måte.

4. Forslag til nye løsninger og alternativer

Dette kapittelet drøfter mulige løsninger og alternativer som ikke er kjent å være bygget eller utprøvd i dag, og

som vil behøve noe forskning og utvikling før de kan tas i bruk i stor skala.

4.1. Hybride nedløpssystemer

Begrepet 'hybride taknedløp' ble utviklet og definert av Skanska i forskningsprogrammet Klima 2050 og er beskrevet og presentert i bl.a. (Mangor-Jensen, 2020). Poenget med dette prinsippet er å skille mellom smeltevann og regnvann. Smeltevanntilførselen er svært liten og vil kunne håndteres frostfritt mens de store mengdene regnvann ledes til terreng eller overvannssystemer.

Smeltevannet utgjør så små mengder at det enkelt kan infiltreres i grunnen gjennom byggegrop eller infiltrasjonskum. Siden vannmengdene er så små, bør det også diskuteres om disse kan slippes direkte på overvannsledning eller byggets avløpsledning – eller alternativt på lokal drensledning. Dette bør være helt akseptabelt siden mengden vann er svært liten – på en større leilighetsblokk utgjør avrenning av smeltevann omtrent det samme som å trekke ned i do en gang i timen (Mangor-Jensen, 2020).

I bokstavelig forstand er det ikke regnvann og smeltevann som separeres, men store vannmengder og små vannmengder. Dette innebærer altså å utforme løsninger for avrenning under vinterforhold, da det i hovedsak ventes små vannmengder, men det er stor risiko for frost. Likevel er det hensiktsmessig å benytte begrepene regn- og smeltevann, for å illustrere problemer og løsninger på en intuitiv måte.

Skanska har designet flere alternativer for hybride nedløp. Hovedkonseptene er beskrevet i pkt. 4.2 og 4.3, men disse er foreløpig ikke prøvd ut i praksis. I pkt. 4.4 er det imidlertid beskrevet en variant av konseptet som har blitt bygget. I korte trekk kan de to typene hybride nedløp beskrives som følger:

- A. Nedløpsløsninger som separerer smelte vann og regnvann på taket
- B. Nedløpsløsninger som separerer smelte vann og regnvann inne i bygget

Merk at begge typene kan utføres som både passive og aktive systemer, hvor passive systemer er selv-

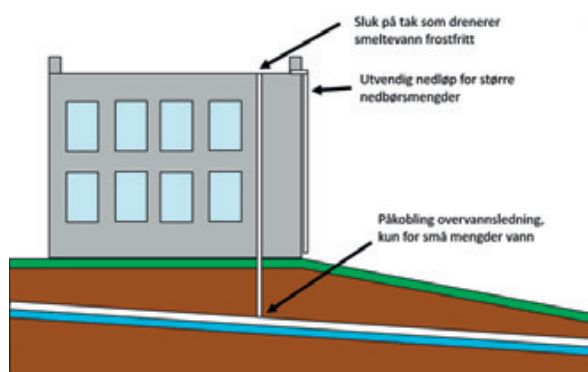
regulerende mens de aktive kan stenge den frostfrie avrenningen enten manuelt eller elektronisk. Et aktivt system blir fort både komplisert og sårbart og omtales ikke her.

Begge prinsippene for hybride taknedløp vil i mange tilfeller også kunne brukes ved rehabilitering.

4.2. Hybride nedløpssystemer type A

- Separere smelte vann og regnvann på taket

Tanken bak konsept A er å benytte to separate nedløpssystemer. Et innvendig nedløpssystem, som tar unna små vannmengder, f.eks. snøsmelting om vinteren, og et utvendig nedløpssystem som kan ta unna større regnmengder. Prinsippet er illustrert i Figur 16.

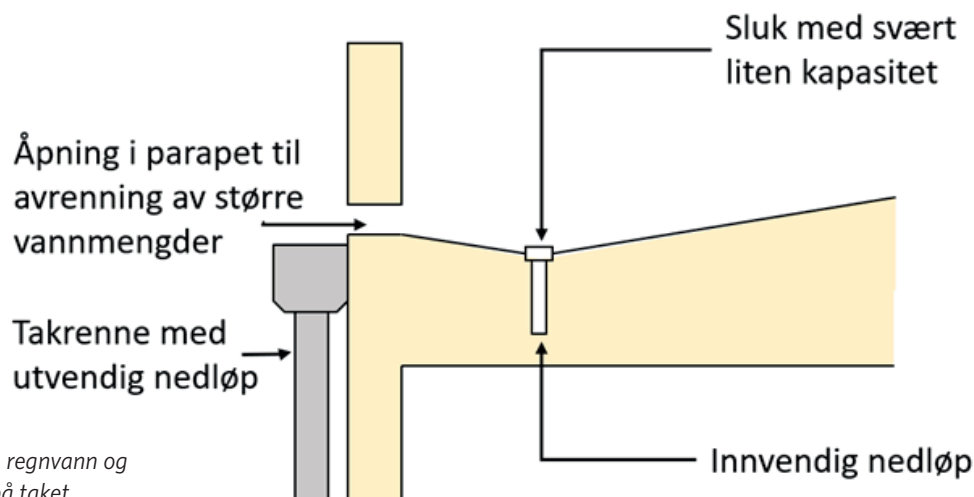


Figur 16: Prinsippskisse av nedløpssystem som separerer regn- og smelte vann på taket.

Løsningen kan utføres på ulike måter. En passiv løsning kan innebære et strupet sluk med lav kapasitet som slipper en konstant, liten vannmengde til overvannsledning eller til kum/fordrøyning/infiltrasjon under terreng, mens overskytende vann ledes til utvendige takrenner og nedløp. En slik detalj er skissert i Figur 17.

Det strupede sluket kan eventuelt stenges helt om sommeren slik at alt vann ledes til de utvendige nedløpene. I så fall er det viktig å sørge for at det alltid blir åpnet når vinteren nærmer seg.

Dersom denne løsningen utføres med kobling til offentlig ledningsnett, må det søkes tillatelse og dispensasjon fra eventuelle kommunale regler. Det er også mulig å lede det innvendige nedløpet til infiltrasjonskum eller fordrøyingsbasseng i frostfri dybde.



Figur 17: Detalj av hvordan regnvann og smelte vann kan separeres på taket.

4.2.1. Fordeler med løsningen

Den største fordelen med denne løsningen er at den leder mesteparten av takvannet direkte til terreng på en frostsikker måte, uten at det må benyttes varmekabler eller at vannet går via et fordrøyingsmagasin. Løsningen kan også benyttes på flate tomter, og krever ikke at vannet ledes under bygget før det kan utnyttes på overflaten.

Så lenge man kan løse strupingen av slukene på en sikker måte, og uten at de tettes, er løsningen passiv og krever ingen spesiell oppfølging/overvåkning under drift. Løsningen kan også brukes i alle deler av landet.

4.2.2. Ulemper med løsningen

Løsningens største ulempe er at det medfører større kostnader å bygge to nedløpssystemer enn ett. Prosjektering og utførelse av taket blir også mer komplekst, og konseptet gir gjennomføringer både horisontalt gjennom parapet og vertikalt på taket.

Løsningen skissert i Figur 17 krever at alle slukene ligger inntil parapeten for å oppnå tilstrekkelig avrenning av større vannmengder fra «vintersluk» til «sommersluk». Det kan være utfordrende å montere og tette gjennomføringer som ligger såpass nært hverandre. At alle slukene ligger langs kanten av taket kompliserer fallforhold på store tak. Det blir store fallstrekk fra midten av taket, med svært store isolasjonstykker.

Det innvendige nedløpssystemet må oppfylle alle relevante krav selv om det håndterer svært små mengder vann. Det kan bli nødvendig å søke disposisjon for å koble nedløpet på offentlig ledningsnett. Eventuelt kan det bygges et lite fordrøyingsmagasin eller kum kun for smeltevann.

Det finnes, etter prosjektgruppens vitende, ikke en slukløsning som kan tillate et så lite påslipp av vann som man ønsker i dette tilfelle, uten at det også er stor risiko

for at det går tett. Problemet er å finne en løsning som kun slipper på smeltevann, noe som fører til at man må ha et veldig strupet sluk, eller meget små rørdimensjoner. Da skal det ikke mye til før rusk eller is tetter løsningen. Riktig utforming av rist eller sil kan muligens begrense problemet, som bør vurderes særskilt i prosjekteringen.

4.2.3. Fordrøyingsevne/utslippsfaktor

Konseptet er utformet for å kun slippe på svært små mengder vann til overvannsnett, mens større mengder regnvann sendes til utvendig løsning.

4.2.4. Risiko for bygget/Fuktsikkerhet

Sluket til det innvendige nedløpet vil ha lett for å tettes av blader og rusk fordi det er så lite, og behøver ekstra oppmerksomhet i vedlikehold. Dersom det går tett eller stenges på feil tidspunkt, vil løsningen være utsatt for isdannelse.

4.2.5. Modenhet, kompleksitet

Det finnes ingen gode veiledere eller preaksepterte detaljer, så løsningen bør vies ekstra oppmerksomhet i prosjektering og bygging.

4.2.6. Byggbarhet

Å ha to systemer for nedløp gir en ekstra grad av kompleksitet i bygging og vedlikehold.

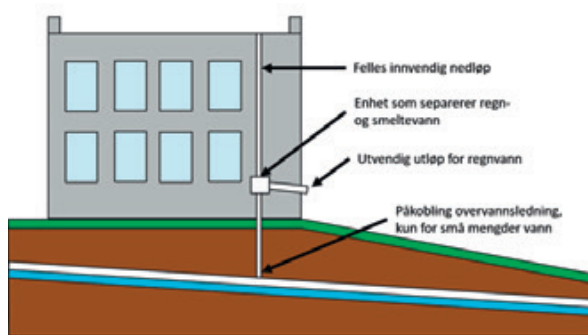
4.2.7. Finnes det noe liknende i dag?

Det finnes i dag slukforhøyninger som gjør at man kan akkumulere regnvann på taket. Magasinering av vann på taket gir stående vanntrykk mot takteking, og kan være forbundet med stor risiko dersom det ikke utføres riktig. Det krever en spesiell membran og spesiell kompetanse fra leverandør og entreprenør. I prinsippet kan slike sluk også brukes for hybride nedløpssystemer, men da med hensikt å forsinke vannet ned i de innvendige nedløpene, slik at de store vannmengdene finner veien til de utvendige nedløpene.

4.3. Hybride nedløp type B – Separere smeltevann og regnvann inne i bygget

Type B følger samme prinsippet som type A, men her er separeringen av smeltevann flyttet inn i bygningen, slik at det bare behøves ett sett av sluk og nedløp fra taket. Alt takvann føres i innvendig nedløpssystem på vanlig måte, men ledes til en separasjonsenhet (strupet sluk/holder), hvor de store vannmengdene går på overløp ut av bygningen, enten ut på terreng eller til kum/

overvannssystem, mens små vannmengder om vinteren kan håndteres på frostsikker måte. En prinsippskisse av konseptet er illustrert i Figur 18.



Figur 18: Nedløpsløsning som separerer smeltevann og regnvann inne i bygget. Merk at utvendig utløp også kan gå under terreng, til regnbed eller annen overvannsløsning.

Separasjonsenheten kan utføres som et passivt system med strupede sluk og overløp, eller et aktivt system med ventiler. Med et aktivt system kan utløpet for smeltevann stenges helt om sommeren slik at alt vannet går på overløp, men man må da være påpasselig med rutiner så det åpnes igjen om vinteren. Separasjonsenheten bør utføres med vannlås for å unngå luftgjennomstrømming.

Utkastet fra separasjonsenheten kan føres til terreng eller fordrøyingsmagasin. Løsningen er mest aktuell dersom det er sterkt ønskelig å få vannet ut på terrengoverflaten, ellers ville det være vesentlig enklere å lede alt takvannet direkte til fordrøyingsmagasin i frostfri dybde og droppe separasjonsenheten, som beskrevet i avsnitt 3.5.

Nedløpene må føres ut av veggen i et punkt. Det enkleste er å gjøre dette fra en høy kjeller, gjerne våtrom eller annet teknisk rom i tilknytning til parkeringskjeller. I teorien åpner løsningen også for å legge utkastet høyere opp på veggen, dersom dette av en eller annen grunn er ønskelig. Utkast gjennom klimavegg må uansett utføres på en måte som ikke medfører kondens eller vannskader. Det anbefales at oppbygningen under og rundt rørene er av uorganiske materialer og benytter membran for å hindre at ev. lekkasje eller kondens forringer resten av konstruksjonen. Detektorer for lekkasjevarsling kan benyttes for ytterligere å redusere risiko for skader.

4.3.1. Fordeler med løsningen

Løsningen gir de samme fordelene som type A, med mulighet til å lede takvann direkte ut på terrengoverflaten. Det blir, som i type A, to ulike systemer fra et punkt inne i bygget, hvor én del går frostfritt under terreng, og den andre går til utkast over terreng. Type B gir et mindre omfang av sluk og nedløpsrør enn type A, og det samme omfang som det normalt bygges med i dag på tak med innvendige nedløp. Det som her

kommer i tillegg, er ett eller flere utløp gjennom vegg. Det gjør også Type B bedre egnet for store tak, ettersom den ikke er begrenset ved at slukene må legges inntil parapeten.

4.3.2. Ulemper med løsningen

Den største ulempen er at løsningen ikke finnes i dag, og det kan være utfordrende å utforme en separasjonsenhet som tilfredsstiller alle krav til regulering, driftssikkerhet, og vanntetthet. Utkastrøret kan utgjøre en betydelig kuldebro og gi utfordringer med kondens dersom kald luft blåser inn i det.

4.3.3. Fordrøyingssevne/utslippsfaktor

Konseptet er, som type A, utformet for å kun slippe på svært små mengder vann til overvannsnett, mens større mengder regnvann sendes til en løsning på terreng. Forskjellen ligger bare i hvor separasjonen foregår.

Separasjonsenheten kan i teorien brukes til å magasinere vann på taket ved hjelp av smart styring av ventiler. Dette frarådes derimot siden det kan bygge seg opp svært høye vanntrykk i de vertikale rørene fra takflaten og ned til separasjonsenheten, noe som gir stor risiko for lekkasje.

4.3.4. Risiko for bygget/Fuksikkerhet

I motsetning til type A vil det bare være ett sett med sluk og innvendige nedløp, som gir vesentlig mindre risiko for isdannelse på utsiden av bygget, og mindre teknisk kompleksitet i nedløpet. Derimot ligger det en viss kompleksitet i separasjonsenheten. Den bør få jevnlig ettersyn og plasseres i våtrom eller på annen måte sikres mot lekkasje, som for en vaskemaskin eller varmtvannsbereider. Utkastet til terreng må også utføres på en tilfredsstillende måte (se avsnitt 3.4).

4.3.5. Modenhet, kompleksitet

Det finnes ingen veiledere eller preaksepterte detaljer for denne løsningen, så den bør vies ekstra oppmerksomhet i prosjektering og bygging. Ingen detaljerte planer har blitt utarbeidet for en separasjonsenhet.

4.3.6. Byggbarhet

Det er fremdeles en del uavklarte spørsmål rundt utformingen av separasjonsenheten og føring av utkastrør.

4.3.7. Finnes det noe liknende i dag?

Det har ikke lyktes å finne prosjekter eller løsninger som er identiske alternativ B. Det kjennes til nedløps-systemer med separate sommer- og vinter nedløp, men som baserer seg på ventiler som åpnes og stenges manuelt. Løsningen beskrevet i avsnitt 4.4 har likhetstrekk, men den har ingen «aktiv» mekanisme som skiller regnvann fra smeltevann.

4.4. Utprøving av hybride nedløpssystemer – Separere smeltevann og regnvann utenfor bygget

Skanskas prosjekt Ensjo Torg B2, også kalt Tigergården, ble prosjektert og bygget i perioden 2019-2022. Figur 19 viser bygningsmassen hvor alle takterrasser utnyttes som oppholdsareal for beboerne. De fleste takterrassene har til dels mye beplantning og fungerer som intensive tak med stor grad av fordøyning av regnvann. Etter fordøyning på tak føres vannet i innvendige nedløp til et mindre fordøyingsmagasin under bakken, med nødoverløp til Hovinbekken.

Høyblokka til venstre på illustrasjonen i Figur 19 har et større bruksareal enn de andre byggene. Dermed ble det utløst krav om at regnvann hovedsakelig skulle ledes ut på terreng. For å løse denne utfordringen vurderte Skanska flere løsninger, blant annet hybride nedløp. Den valgte løsningen har nok likhetstrekk med de hybride konseptene beskrevet over til at den bør trekkes frem her.



Figur 19: Ensjo Torg B2. Illustrasjon: Skanska/4B Arkitekter.

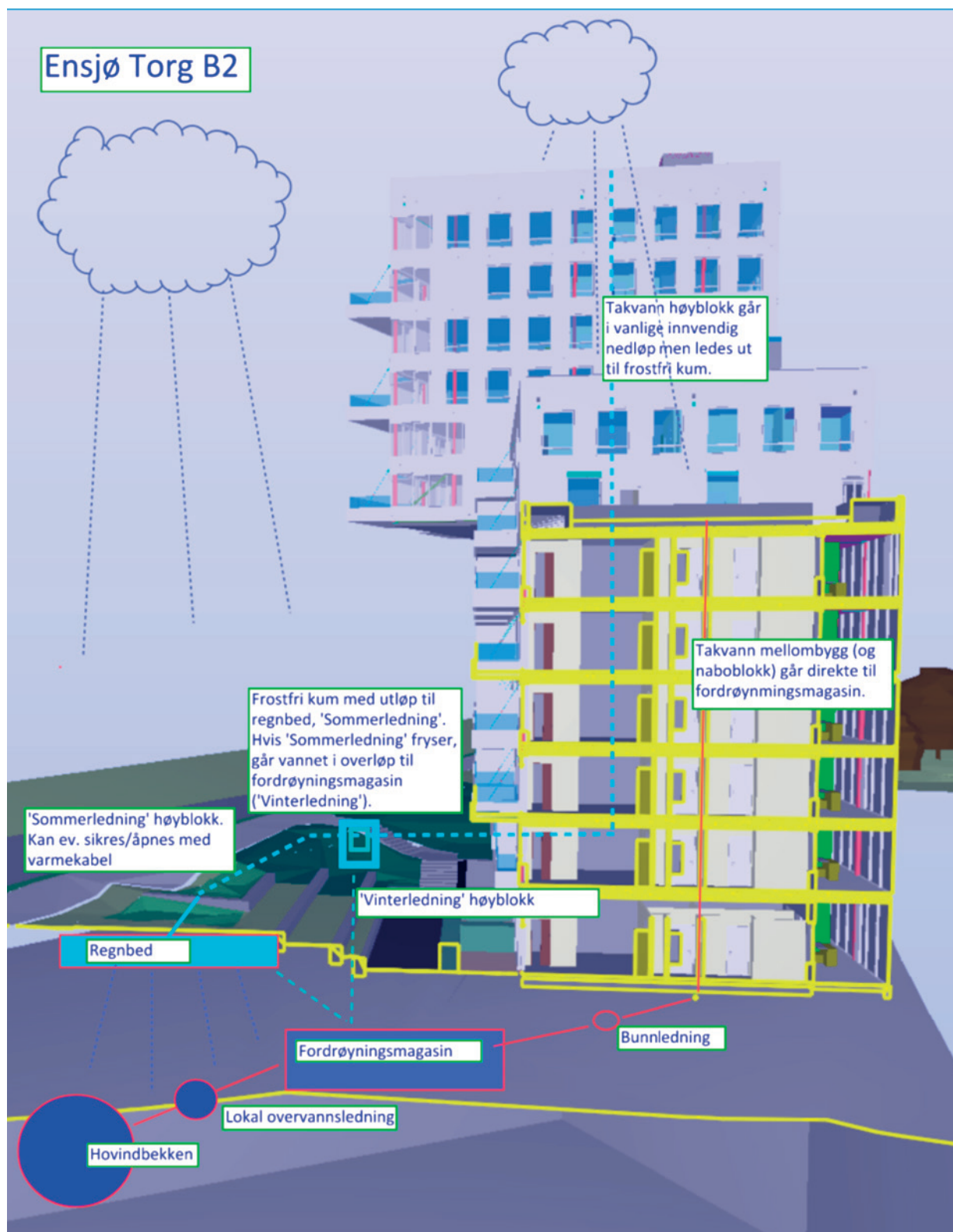
I samarbeid med VA-konsulent valgte Skanska å la alt takvannet gå i innvendige nedløp til kjeller, hvor vannet ledes ut av bygget i frostfri dybde til en frostfri kum. Løsningen er illustrert i Figur 20. Fra kummen går det avløp til regnbed (beplantningsområde i front av bygget på Figur 19), og overløp til fordøyingsmagasinet. Løsningen har dermed likhetstrekk med type B, men separasjon av regn- og smeltevann skjer i stedet *utenfor* bygget.

Takvannet transporteres via kum til regnbed så lenge ledningen er isfri. Når/hvis ledningen blokkeres av is i

utløpet til regnbedet, går vannet på overløp til fordøyingsmagasinet. Om ønskelig kan ledning til regnbed holdes åpen med varmekabel.

På denne måten styres de store nedbørstoppe ut i regnbedet, mens smeltevann og mindre mengder regnvann går på fordøyingsmagasin som har overløp til overvannsnett på tidspunkt hvor kapasiteten normalt er tilstrekkelig til å ta unna dette vannet.

Prinsippet er illustrert i Figur 20.



Figur 20: Skisse av nedløpssystemer på Ensjø Torg B2. Illustrasjon: Skanska.

4.4.1. Fordrøyningsevne/utslippsfaktor

Løsningen lar seg lett kombinere med forskjellige tiltak for overvannshåndtering, også på taket. Vann ledes kun ut til terreng på lavere nivå enn den frostfrie kummen.

4.4.2. Risiko for bygget/Fuksikkerhet

Løsningen er frostsikker i bygningen, da den ikke baserer seg på utvendige nedløp. Smeltevann får dermed renne i varm sone til enhver tid. Utkast fra kjeller er et punkt som bør vies ekstra oppmerksomhet i prosjekteringen.

4.4.3. Modenhet, kompleksitet

Dette er en løsning under utprøving. Det finnes ingen omforente veiledere eller omfattende dokumentasjon

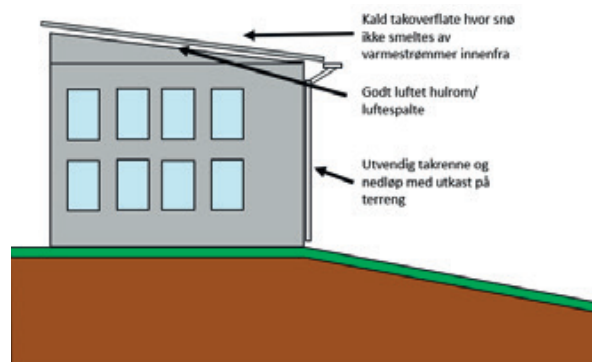
for løsningen. Derimot vil det antagelig høstes verdifulle erfaringer fra driften av systemet, som kan komme bransjen til nytte dersom erfaringene publiseres.

4.4.4. Byggbarhet

Løsningen er kompleks sammenlignet med konvensjonelle løsninger som beskrevet i kapittel 3, men ikke nødvendigvis utfordrende. En fordel er at løsningen ikke bruker ventiler eller annen aktiv styring, men at vinterledningen tar over dersom sommerledningen fryser igjen. En ulempe er at den krever mye plass på og under bakkenivå. Sommerledningen må utføres så den ikke sprenges av is når den fryser igjen.

4.5. Luftede tak

Luftede tak har en lang tradisjon i Norge. Løsningen er beskrevet i kap. 1.3. men kan kort oppsummeres ved at man ved å lufte taket, så ventileres ev. varme som transporteres fra bygget ut gjennom luftespalten. Slik kan man redusere, eller helt unngå snøsmelting i perioder hvor det er minusgrader. Man får dermed ikke noe problem med ising, og man kan bruke utvendige nedløp med utkast til terreng. På grunn av disse fordelene blir også luftede tak behandlet i denne rapporten, som et alternativ til vurdering selv i tilfeller hvor kompakte tak vanligvis velges. En prinsippskisse av hvordan luftede tak kan utføres er vist i Figur 21.



Figur 21: Prinsippskisse av luftet tak.

Luftede tak baserer seg på to typer krefter for å oppnå gjennomstrømming i luftespalten: vind og skorsteinseffekt, altså at oppvarmet luft stiger. Luftede tak utføres vanligvis med en viss høydeforskjell i luftespalten for å utnytte skorsteinseffekten – altså at de er skrå, med en

helning større enn 10 grader. Det gir ganske stor byggehøyde for store tak. Derimot kan luftede tak også bygges som oppforede tretak – dvs. med store luftvolum mellom isolasjonen og taktroen med taktekkning. Oppforede, flate tretak var vanlig en periode i etterkrigstiden, men etter hvert som taktekkingsmaterialene ble bedre og mer robuste, ble de faset ut til fordel for flate, kompakte tak som det bygges mye av i dag (Byggforskserien 725.115, 2010).

I tillegg har oppforede tretak hatt et dårlig rykte, fortjent eller ufortjent, da det har vært en del tilfeller med råteskader i konstruksjonene som følge av feilprosjekterte og feilbygde løsninger med dårlig lufting. Brannsikkerhet har vært en annen bekymring, da takene hadde store hulrom med tørre trekonstruksjoner og god tilgang på oksygen. På grunn av de mange ulempene ble oppforede luftede tretak i praksis faset ut av norsk byggeskikk rundt 1980. Byggforskserien omtaler løsningen kun i fortidsform (Byggforskserien 725.115, 2010).

Nyere forskning antyder at luftede tretak likevel kan være aktuelle selv for store bygninger. Inntil nylig anbefalte Byggforskserien at luftede tak ikke burde ha lavere vinkel enn 10 grader og at luftespaltens lengde burde begrenses til 15 meter eller mindre, for å sikre tilstrekkelig utlufting av taket. Derimot har felt- og laboratoriestudier vist at tilstrekkelig lufting kan oppnås i tak på mer enn 30 meter og med takvinkler så lave som 1,4 grader, dersom taket er godt isolert (Gullbrekken, 2018a). Det kreves en veldig høy luftespalte, opp til 160 mm, ved så store tak (Gullbrekken, 2018b). De nye rådene viser at slake, luftede tretak kan være en aktuell

løsning for noe større bygg enn tidligere, i hvert fall i områder av landet som har relativt mye vind (Byggforskserien 525.104, 2023).

4.5.1. Fordeler med løsningen

Luftede, skrå tak er en velutprøvd, fuktsikker løsning som tillater å bruke utvendige nedløp med utkast til terreng.

Oppforede, luftede tak har en fordel i at hulrommet gir ekstra sikkerhet mot lekkasjer. Ved hjelp av detektorer kan vann i hulrommet oppdages tidlig og utbedres før bygningen tar skade av det.

4.5.2. Ulemper

Luftede tak vil oftest være dyrere enn kompakte tak når man bygger større bygg. Det krever noe mer materialer, og i enkelte tilfeller byggehøyder, om man må bygge skrå tak, eller oppforede tretak. En luftet løsning vil også kunne sette begrensninger på om man kan bruke taket til f.eks. ferdsel og takhager. Det finnes også utfordringer knyttet til plassering av teknisk utstyr på taket. Bruk av taket til magasinerings av vann må unngås.

Bygging av et oppforet tak vil ta lenger tid enn et kompakt tak, og dermed vil det ta lenger tid før bygget kan tettes under byggeperioden.

4.5.3. Fordrøyingssevne/utslippsfaktor

Overflaten av et flatt, luftet tak vil i prinsippet fungere på samme måte som overflaten av et flatt, kompakt tak, og gi samme muligheter og utfordringer for overvannshåndtering. Grønne tak kan bygges på luftede tak, dette er en vanlig måte å bygge torvtak (Byggforskserien 544.803, 2009). Ved veldig store takflater bør taktekingen være lett og ha noe evne til å ta opp kondens (Gullbrekken, 2018b), dermed anbefales det ikke å anlegge grønne tak på store luftede tretak.

Utvendige nedløp med utkast til terreng kan benyttes uten risiko for isdannelse ettersom snø ikke smelter på taket med denne løsningen.

4.5.4. Risiko for bygget/Fuktsikkerhet

Store, luftede tretak er avhengig av tilstrekkelig lufting for å oppnå god fuktsikkerhet. Ved lekkasjer i tekning kan det oppstå fuktinntrengning med påfølgende mugg- og råteskader dersom taket ikke får tørke skikkelig. Inndrev av snø er også en utfordring når åpningen til luftespalten blir veldig stor. Undertaket og ev. utlekting/oppføring bør derfor tåle en viss fuktbelastning.

4.5.5. Modenhet, kompleksitet

Luftede, skrå tretak har vært brukt i lang tid i Norge og anses som en moden og velprøvd løsning for små bygninger og eneboliger. Derimot finnes det få eksempler på veldig store tak med lav takvinkel.

Oppforede tretak er i dag lite brukt. SINTEF Byggforsk omtaler løsningen i fortidsform og som en løsning som ikke lenger bygges (Byggforskserien 725.115, 2010). Dermed mangler det anvisninger som forklarer hvordan denne løsningen kan bygges etter gjeldende standard.

4.5.6. Byggbarhet

Luftede, skrå tretak er forholdsvis enkle å bygge, med gode anbefalinger i Byggforskserien, men det kan bli noe «nybrottsarbeid» ved veldig store og flate tak.

5. Oppsummering og beste praksis for utkast til terreng fra flate kompakte tak

I eksisterende litteratur og regelverk for bygninger er frostsikker avrenning fra flate tak prioritert fremfor overvannshåndtering. Konvensjonell praksis er å lede vannet bort fra bygningen uten å nødvendigvis ta hensyn til hvordan det skal håndteres. Innvendige taknedløp foretrekkes fordi det gir minst utfordringer med snø og ising om vinteren, noe som er en bekymring i perioder i store deler av Norge. Konvensjonelt løses utfordringer med isdannelse ved at takvann ledes i innvendige nedløp til offentlig ledningsnett i frostfri dybde. Løsningen er derimot svært dårlig egnet til å håndtere overvann på en bærekraftig måte. I nytt regelverk er det lagt til grunn at takvann ikke skal sendes til ledningsnettet, noe som utelukker den konvensjonelle løsningen.

Utfordringene som gjør den konvensjonelle løsningen attraktivt fra et bygningsfysisk ståsted vil likevel fortsatt være gjeldende. Vann kan oppstå på taket selv når det er minusgrader i luften, og vil fryse til is dersom det renner til en overflate hvor det er kaldere enn frysepunktet. Derfor skal ikke takvann ledes til steder hvor frost kan oppstå. Det gjelder både ved takrenner og utvendige nedløp, og utkast fra innvendige nedløp til terreng.

Når det er minusgrader i luften, vil terrengets overflate være en «kald sone» der vann vil fryse til is. Dersom takvann skal ledes til terrengets overflate, må det gjøres på en måte som ikke medfører risiko for bygget eller deres brukere. Det kan i prinsippet gjøres på tre måter:

1. Hindre at snø på taket smelter når det er minusgrader i luften. Den eneste kjente løsningen på dette er luftede tak.
2. Sørge for at smeltevann fra taket ikke ledes til terreng når det er minusgrader i luften. Dette krever et system som leder smeltevannet til en frostfri løsning, mens større vannmengder på en eller annen måte ledes til utvendige nedløp eller utkast for å ivareta kravene til overvannshåndtering.

3. Akseptere risiko for isdannelse og konsekvensene det medfører. Dette er mest aktuelt i områder der is dannes så sjelden at man kan godta at det fjernes manuelt de få gangene det oppstår. Det kan også innebære å utforme nedløp og/eller utkast så de tåler en viss mengde isdannelse. Nedfall av is fra stor høyde må uansett unngås.

Problemer med overvannshåndtering oppstår vanligvis i forbindelse med store regnskyll om sommeren og høsten, mens isdannelse er et problem i vinterhalvåret. Utfordringen ligger i å finne en løsning som kan håndtere begge situasjoner på en trygg måte, samtidig som det ivaretar alle andre hensyn. Generelt kan det sies at det blir lettere å få til en vellykket løsning dersom det inngås kompromisser på enkelte faktorer. Takvann kan relativt enkelt håndteres frostfritt dersom det ikke må opp på terrengets overflate, men magasineres og infiltreres i grunnen. Likeledes kan enkelte utfordringer med is håndteres dersom bruk av varmekabler eller noe isdannelse kan aksepteres. Skrå, luftede tak kan benytte utvendige nedløp dersom de kan bygges. Praksis i dag er likevel at svært mange større bygg bygges med flate kompakte tak, av estetiske, praktiske og kostnadmessige hensyn.

For bygg som må ha flate, kompakte tak, bryter alle løsninger undersøkt i denne rapporten med preaksepterte ytelser i dagens TEK, enten ved at vannet ikke håndteres lokalt på terreng, eller ved at det ikke håndteres frostfritt uten bruk av varmekabler. Prosjektet må dokumentere ved analyse at den valgte løsningen er jevn god eller bedre enn alternativet med innvendige nedløp. De ulike løsningene presterer ulikt rent fuktteknisk og energimessig. Avklaringen av valg av nedløp vil være et grensesnitt mellom RIBfy, RIVA, LARK og ev. ARK.

6. Videre arbeider

Klimaet i store deler av Norge gjør at det i dag ikke finnes generelle, optimale løsninger for å kombinere flate, kompakte tak med lokal overvannshåndtering til terreng på en måte som fungerer overalt i landet. Det finnes heller ikke noen omforent veiledning som hjelper

utbyggere å velge riktig løsning til aktuelt klima og tomtetype. Derimot finnes det gode muligheter for å kunne utvikle løsninger som ivaretar alle hensyn. Under er det listet opp noen forslag til momenter som bør undersøkes nærmere.

6.1. Akseptabelt nivå av risiko for isdannelse

Utfordringer med isdannelse oppstår først når det er minusgrader i luften og snø på taket. Enkelte steder skjer dette svært sjeldent, og mengden is som dannes kan være liten nok til at utvendige nedløp fra kompakte tak kan fungere. Man kan også benytte store nedløp eller andre løsninger som ikke tettes av is. Problemet er å vite nøyaktig hvor stor dimensjonen må være eller hvilke tiltak som vil være tilstrekkelige, og man vil heller aldri helt eliminere risikoen for at det skal gå tett. Dette fordi man vil få ekstremvintre tilnærmet alle steder i

landet. Bransjen og regelverket vil måtte bli enige om hva som er akseptabel risiko, og hvor i landet løsningene kan brukes.

Det behøves mer forskning og utredning rundt hvor i landets klimasoner slike nedløp kan brukes, og tilhørende veiledning og regelverk knyttet til dimensjonering av takrenner og nedløp.

6.2. Nedløp som separerer smeltevann og nedbør i form av regn

Som presentert i kapitlet om hybride nedløpssystemer kan det tenkes at man kan løse problemet ved å kun håndtere smeltevann fra bygget frostfritt og tillate all annen nedbør å kastes til terreng. De to utfordringene med overvann og isdannelse vil ikke oppstå samtidig, derfor er det tenkelig at ulike deler av systemet kan håndtere hver sin situasjon. Dette krever derimot

tekniske løsninger som ikke er fullt utviklet i dag, men prinsippet har blitt utprøvd på Ensjø Torg.

En videreutvikling til en moden løsning vil kreve at flere aktører i samarbeid utvikler en løsning. Dette kan f.eks. være et slukprodukt, eller et nytt prinsipp for overvannshåndtering på tak, som separerer smeltevann og nedbør.

6.3. Luftede tak

Luftede tak unngår problemet med snøsmelting og er derfor svært sikre mot isdannelse. Dette gjør at overvann fra luftede tak kan føres med utvendige nedløp direkte til terreng. Nyere forskning antyder at luftede tak kan være aktuelle i flere situasjoner der det i dag velges kompakte tak. Oppførede treetak kan også tenkes å få en renessanse dersom utfordringene med fukt- og brann-

sikkerhet kan løses. Derimot mangler det forskning og veiledere for utførelse av flate, luftede tak.

Skrå, luftede tak kan også gjøres mer attraktive gjennom endringer i regelverk, som i dag gjør at flate tak velges i mange tilfeller.

6.4. Myndighetsarbeid

I dagens regelverk er det konflikter mellom ulike paragrafer i TEK17, hvor preaksepterte ytelser til vann og avløp og overvannshåndtering ikke samstemmer med preaksepterte ytelser i forbindelse med bygging av kompakte tak og fuktsikkerhet. Riktignok må man ikke benytte seg av de preaksepterte løsningen, men dette krever analyse og gjør at problemstillingen blir aktuell i mange prosjekter. Det bør utredes om veiledningen til TEK skal endres for å løse opp i det som oppfattes å være motstridende veiledningstekster.

Kommunene bør vurdere å kunne tillate noe påslipp av takvann til ledningsnett. Dette for å åpne for tilfeller hvor styrtregnhendelser kan håndteres og fordrøyes lokalt på tomten, mens snøsmelting på kalde dager i vinterhalvåret må tillates å slippes på det kommunale ledningsnett slik at det kan håndteres uten frostproblematikk. En (svært lav) øvre grense for påslipp kan benyttes i stedet for et prinsipielt forbud mot påkobling av takvann.

Referanser

- Andenæs, E., Skagseth, V. A., Bunkholt, N. S., Kvande, T. & Lohne, J.** (2020). *Experiences with external drainage systems from compact roofs in Norwegian climates. Nordic Symposium on Building Physics 2020 (NSB2020)*, Tallinn, Estonia.
- Becker, M. A.** (2016). *Trinn 1: Reduser overvannet i avløpsnett ved å frakoble taknedløp*. Vann, 04, 11.
- Berg, M.** (2023). *Kompakte tak med utvendig nedløp* [Masteroppgave, NTNU]. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/3067381>
- Byg-Erfa.** (2011). *Afledning af vand fra flade tage ved skybrud – udspyer, nødafløb og anden overløbsikring* | BYG-ERFA. <https://byg-erfa.dk/afledning-vand>
- Byggforskserien 514.114.** (2012). *Løsning for lokal håndtering av overvann i bebygde områder*. SINTEF Community.
- Byggforskserien 514.221.** (2020). *Fuktsikring av konstruksjoner mot grunnen*. SINTEF Community.
- Byggforskserien 525.002.** (2018). *Takformer, Taktyper Og Oppbygning*. SINTEF Community.
- Byggforskserien 525.101.** (2021). *Skrå, Luftede Tretak Med Isolerte Takflater*. Sintef Community.
- Byggforskserien 525.104.** (2023). *Slake, luftede tretak med isolerte takflater og utvendig nedløp*. Sintef Community.
- Byggforskserien 525.207.** (2018). *Kompakte tak*. SINTEF Community.
- Byggforskserien 544.803.** (2009). *Torvtak*. SINTEF Community.
- Byggforskserien 725.115.** (2010). *Oppfôret tretak på dekke av betong. Utbedring og ombygging*. SINTEF Community.
- Byggforskserien 725.118.** (2012). *Skader i kompakte tak. Årsaker og utbedring*. SINTEF Community.
- Gullbrekken, L.** (2018a). *Climate Adaption of Piched Wooden Roofs* [Doktoravhandling]. NTNU.
- Gullbrekken, L.** (2018b). *Nye råd om lufting av store tretak*. Byggeindustrien, 4, 57.
- Glad, K. M. & Andersen, C.** (2023). *Nye bestemmelser i plan- og bygningsloven om håndtering av overvann*. Landskonferansen i plan- og bygningsrett, Bodø 8. september 2023.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J. E. Ø., Sandven, S., Sandø, A. B., Sorteberg, A. & Ådlandsvik, B.** (2015). *Klima i Norge 2100 - Kunnskapsgrunnlag for Klimatilpasning Oppdatert i 2015* (Oppdragsrapport Nr. 2). Norsk Klimaservicesenter.
- Kommunal- og distriktsdepartementet (KDD)** (2018). *Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning* - Lovdata, nr. FOR-2021-12-10-3466 fra 01.01.2022. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-09-28-1469>
- VA-Norm, section 7.0.** (2017). <https://www.va-norm.no/dokument/7-transportssystem-overvann/7-0-generelle-bestemmelser/>
- Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G. & Aaby, L.** (2008). *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*, Norsk Vann Rapport 162. 2008.
- Lstiburek, J.** (2011). *BSI-046: Dam Ice Dam* | [buildingscience.com](https://buildingscience.com/documents/insights/bsi-046-dam-ice-dam). Building Science Corporation. <https://buildingscience.com/documents/insights/bsi-046-dam-ice-dam>
- Mangor-Jensen, O.** (2020). *Taknedløp fra flate tak - kan det løses på en bærekraftig måte?* Tekna Kursdagene 2020, Trondheim.
- Myklebost, H.** (1979). *Bosetningsutviklingen i Norge 1960-1970*. Statistisk Sentralbyrå.
- NAOB.** (2023). *Avløp - Det Norske Akademis ordbok*. <https://naob.no/ordbok/avl%C3%B8p>
- Opheimsbakken, O. I., Lehn-Hermansen, S., Helland, T., Borge, E., Colbjørnsen, H., Grimsgaard, L. & Holbein, Y.** (2017). *Retningslinjer for overvannshåndtering for kommunene Lørenskog, Rælingen og Skedsmo*. Lørenskog Kommune. https://www.lorenskog.kommune.no/_f/p11/i3cc789c6-8622-40f4-a418-285ecc76b136/retningslinjer-overvannshandtering.pdf
- Oslo Kommune.** (2007). *Forskrift om politivedtekt*, Oslo kommune, Oslo - Lovdata, nr. FOR-2007-06-06-577, Oslo kommune, Oslo (2007). <https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2007-06-06-577>
- VA-Norm, section 7.0.** (2017). <https://www.va-norm.no/dokument/7-transportssystem-overvann/7-0-generelle-bestemmelser/>
- Oslo Kommune.** (2023). *Overvannsveileder. Retningslinjer og veiledning for overvannshåndtering i Oslo kommune*. <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13489276-1695900521/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Overvann%20-%20Retningslinjer%20og%20veiledning%20for%20overvannshandtering%20i%20Oslo%20kommune.pdf>
- Quora.** (2016). *Why is it that in Saint-Petersburg, Russia, most pipes are pushed (See picture)?* Quora. <https://www.quora.com/Why-is-it-that-in-Saint-Petersburg-Russia-most-pipes-are-pushed-See-picture>
- Ringerike Kommune.** (2018). *Retningslinjer for overvannshåndtering i Ringerike kommune*. Ringerike kommune. <https://www.ringerike.kommune.no/globalassets/bilder-blokker-og-filarkiv/bilder-og-dokumenter/samfunn/teknisk-forvaltning/retningslinjer-overvann-ringerike.pdf>
- Semadeni-Davies, A., Hernebring, C., Svensson, G. & Gustafsson, L.-G.** (2008). *The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Combined sewer system*. Journal of Hydrology, 350(1), 100-113. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.05.028>
- Skagseth, V. A.** (2021). *Isdanning i nedløpssystemer fra kompakte tak* [Masteroppgave, NTNU]. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2823131>
- Statistisk Sentralbyrå** (2022). *Tettsteders befolkning og areal*. SSB. <https://www.ssb.no/befolkning/folketall/statistikk/tettsteders-befolkning-og-areal>
- Sturm, M., Holmgren, J., König, M. & Morris, K.** (1997). *The thermal conductivity of seasonal snow*. Journal of Glaciology, 43(143), 26-41. <https://doi.org/10.3189/S0022143000002781>
- Tobiasson, W., Buska, J. & Greatedorex, A.** (1994). *Ventilating attics to minimize icings at eaves*. Energy and Buildings, 21(3), 229-234. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(94\)90038-8](https://doi.org/10.1016/0378-7788(94)90038-8)
- Vasseljen, S., Haug, L., Ødegård, I. M., Knotten, V., Knotten, H. & Zaccariotto, G.** (2016). *Overvann som ressurs. Økt bruk av overvann som miljøskapende element i byer og tettsteder* (Nr. 191; s. 136-145). Asplan Viak AS, NMBU.
- Ødegaard, H., Lindholm, O., Mosevoll, G., Sægrov, S., Thorolfsson, S., Heistad, A. & Østerhus, S.** (2012). *Vann-og avløpsteknikk*. Norsk Vann.

TIDLIGERE UTGITTE RAPPORTER

2023	281	Mulige organisasjonsformer for den kommunale vann- og avløpssektoren	238	Informasjonssikkerhet og skybaserte tjenester	190	Klimatilpasningstiltak innen vann og avløp i kommunale planer		
	280	Fremtidens vann- og avløpssystem	237	Dataflyt for GIS-informasjon i VA-prosjekter	188	Veiledning for drift av koaguleringsanlegg		
	278	LOSINOR – Lukt- og smaksproblemer i norsk drikkevann.	236	Akseptkriterier – Vurdering av nye og nyrenoverte avløpsledninger ved rørinspeksjon	C8	Omdømmeplattform og -strategi		
	C16	Stikkledninger i varerør	235	Dataflyt	2011	187	Kommunal overtakelse av vannverk organisert som andelslag eller samvirkeforetak	
	277	Nasjonal strategi for behandling og disponering av avløpsslam	234	Rørinspeksjon av hovedledninger for vann og avløp		186	Veiledning i omorganisering av andelsvannverk til samvirkeforetak	
276	Lange pumpeledninger for avløp på land og i sjø	233	Veiledning for bruk av betongrør og kummer	185		Fett i avløpsnett. Kartlegging og tiltaksforslag		
2022	275	Mikroforurensninger og legemidler i avløpssvann	232	Plastrør for vannforsyning og avløp: Hvordan skal vi oppnå minst 100 års levetid?		184	Tilsyn med utslipp fra avløpsanlegg innen kommunens myndighetsområde	
	274	Korrosjonsbeskyttelse – erfaring og ny kunnskap	231	NOMiNOR: Natural Organic Matter in drinking waters within the Nordic Region		183	Veiledning om regulering av VA-tjenester til næringsmiddelindustri	
	273	Veileder i samfunnsøkonomiske analyser for vannbransjen	230	NOMiNOR: Naturlig Organisk Materiale i Nordiske drikkevann	182	Prøvetaking av avløpssvann og slam		
	272	Sikker utforming av åpne overvannsløsninger	2017	229	Sikring av vannforsyning mot tilsiktede uønskede hendelser	181	Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng	
	271	Åpen fordrøyning – Etablering av anlegg for permanente og midlertidige vannspeil med dybde over 20 cm		228	Tilførsel av industrielt avløpssvann	180	Fjernavlesning av vannmålere	
C15	Digitalisering av VA-sektoren i Norge – status, utfordringer og behov	227		Beregning av forurensningsutslipp fra avløpsanlegg	179	Veiledning i utarbeidelse av kommunale gebyrforordninger for vann og avløp		
270	Helsemessig sikker drift av vannledningsnett – prosedyrer og anbefalinger	226		Tømming av slam	B16	Veiledning for kartlegging av energibruk i VA-sektoren		
269	Risikovurdering av bergsprengte drikkevannsmagasiner	225		Trykkavløp i spredtbygde og urbane strøk	B15	Vannforskriftens økonomiske konsekvenser for kommunesektoren og avløpsanleggene		
2021	268	PFAS i råvann og drikkevann fra Norge	224	Eierskap til stikkledninger	C7	Forvaltningspraksis ved norsk damsikkerhet		
	267	Veiledning for utarbeidelse av kommunale forskrifter på avløpsområdet	2016	223	Finansieringsbehov i vannbransjen 2016 – 2040	2010	178	Grunnundersøkelser for infiltrasjon – mindre avløpsanlegg
	266	Vannbransjens erfaringer med kommunesammenslåinger		222	Dokumentasjon av utslipp fra avløpsnett		177	Drikkevannskvalitet og kommende utfordringer – problemoversikt og status
	265	MEMiNOR: Membranfiltrering for fjerning av Naturlig Organisk Materiale i Nordiske drikkevann		221	Smart ledningsfornyelse – bruk av NoDig-metoder		176	Statlige gebyrer og avgifter på de kommunale VAR-tjenestene
	264	Alternativ til akkreditert prøvetaking		B21	Utvikling av studietilbud i bachelor i vann- og miljøteknikk		175	Vann og avløp for nye i bransjen – læreplan. E-læring og samlinger
263	Trykkoptimalisering på vannledningsnett – beste praksis	B20		Norske tall for vannforbruk med fokus på husholdningsforbruk	174		Hygienisering av avløpsslam. Langtidslagring og enkel rankekompostering. Resultater fra 3 års valideringstesting	
2020	B27	Forurensning i overvann fra urbane flater – vannmiljø og rensetiltak	2015	220	Kritiske ledninger for vann og avløp – klassifisering og tiltaksvurdering	2009	173	Veiledning for bruk av støpejernsrør
	262	Undersøkelser som grunnlag for valg av avløpsløsning		219	Eksempler på implementering av bærekraft i vannbransjen		B14	Klimatilpasningstiltak i VA-sektoren – forprosjekt
	261	Omflyttingsmasser		218	Vann til brannslukking og sprinkleranlegg		B13	Silslam – mengder, behandlingsløsninger og bruksområder. Forprosjekt.
	260	Innovative anskaffelser i vannbransjen		217	Videreutvikling av beregningsmetodikk for gjenanskaffelsesverdi og investeringsbehov		172	Trykktap i avløpsnett
	259	Kommunalt finansieringsbehov i vannbransjen 2021 – 2040		216	Tilbakestrømssikring – veiledning til vannverkseiere		171	Erfaringer med lekkasjekontroll
2019	258	Rekutteringsbehov i vannbransjen – status og prognoser 2020 – 2050	2014	215	Forslag til ny sektorlov for vannnettjenester		170	Veileder til god desinfeksjonspraksis
	257	Etablering og drift av mindre avløpsanlegg		214	Sikkerhetsstyring for vannbransjen		169	Optimal desinfeksjonspraksis fase 2
	256	Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg		213	Veiledning for dimensjonering av vannbehandlingsanlegg		168	Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg
	255	Bærekraftig fremmedvannsandel – Modell for vurdering av riktig nivå		212	Erfaringer med ozon-biofiltrering for behandling av drikkevann		167	Veiledning for kjøp av VA-kjemikalier
	254	Forvaltning av nedbørsfelt for overflatevannkilder		211	Veiledning for praktisering av selvkost	166	Tiltak for å bedre fosforfjerningen på kjemiske renseanlegg	
2018	B26	Kunnskapsbehov innen overvann og klimatilpasning	2013	210	Veiledning i mikrobiell barriere analyse	165	Innsamlingsverktøy for vedlikeholdsdata	
	B25	Forprosjekt – Digital Vannstatistikk		209	Sikring av kvalitet på ledningsanlegg	B12	Drikkevann i media	
	253	Mikroplast i avløpssvann, avløpsslam og jord		208	Stikkledninger – ansvar og teknisk utforming	2008	164	Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann
	252	Kummer – Klassifisering og tilstandsvurdering		207	Biostabilitet i drikkevannsnett		163	Veiledning for innhenting og evaluering av tilbud på analyseoppdrag
	B24	Primærrens – Status og renses effekter 10 år etter		206	Bærekraftig forvaltning av VA-tjenestene		162	Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering
C14	Bærekraftig fornyelse av ledningsnett	205	Åpne flomveger i bebygde områder	161	Helsemessig sikkert vannledningsnett			
2017	251	Klimagassutslipp, veiledning for vannbransjen	2012	204	Fra driftsassistanter til regionale vannassistanter		160	Driftserfaringer med membranfiltrering
	250	Kommunens roller, rettigheter og fremgangsmåter i private utbyggingsområder		203	Microbial barrier analysis (MBA) – a guideline	159	Håndbok i kildeopsporing i avløpssystemet	
	249	Veiledning i nedvannforsyning		202	Anskaffelser i vannbransjen	158	Termoplastrør i Norge – før og nå	
	B23	Evaluerer av Norsk Vanns prosjektsystem		201	Håndtering av overvann fra urbane veger	B11	Økonomiske forhold i interkommunalt VA-samarbeid – praksis og kjøreregler	
	248	Organic Pollutants in Norwegian Wastewater Sludge		200	Etablering av gode VA-løsninger i spredt bebyggelse	B10	Vannkilden som hygienisk barriere	
2016	247	Beste praksis for HMS-arbeid i vannbransjen	2011	199	Organiske miljøgifter i norsk avløpsslam – Resultater fra undersøkelsen i 2012/13	B9	Utvikling av et system for spørreundersøkelser blant VA-kundene	
	246	Regulering og organisering av vann- og avløpssektoren i utvalgte europeiske land		198	Avløpsanlegg Vurdering av risiko for ytre miljø	C6	I veien for hverandre – Samordning av rør og kabler i veigrunnen	
	245	Veiledning for tilstandsvurdering av infiltrasjonssystemer		197	Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse av VA-transportsystemer	2007	157	Organiske miljøgifter i norsk avløpsslam. Resultater fra undersøkelsen i 2006/07
	244	Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsplan for drikkevann		196	Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem		156	Veiledning for oljeutskilleranlegg
	243	Verdiforvaltning av vann- og avløpsinfrastruktur		195	Sikkerhet og sårbarhet i driftskontrollsystemer for VA-anlegg		155	Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren
242	Praktiske råd ved valg av ledningsmateriale	B19	Varmpumper i drikkevannsforsyningssystem	154	Norm for tagkoding i VA-anlegg			
2015	241	Mapping microplastic in Norwegian drinking water	2010	B18	Kranvannets kokebok for kommunikasjon		153	Norm for symboler i driftskontrollsystemer for VA-sektoren
	240	UV-desinfeksjon av drikkevann		B17	Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren	152	Veiledning for anskaffelse av driftskontrollsystemer i VA-sektoren	
	B22	Vann og avløp i arealplanlegging og byggesaker		194	Energiriktig design og prosjektering av avløpsrenseanlegg	151	Veiledning for vedlikeholdssystemer (FDV)	
	239	Beregning av bærekraftig lekkasjenivå		193	Veiledning for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken			
				192	Rettigheter til uttak av vann til allmenn vannforsyning			



Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Tlf: 62 55 30 30 E-post: post@norsk vann.no
www.norsk vann.no