



CHALMERS

**VETENSKAPLIG
RAPPORT**

Villkorsutformning för grundvattenbortledning vid undermarksbyggande

**JOHANNA MERISALU
LARS ROSÉN**

**INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH
SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK**
Avdelningen för Geologi och geoteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2020
www.chalmers.se

Villkorsutformning för grundvattenbortledning vid undermarksbyggande

Rapport

Samhällsbyggnadsteknik

JOHANNA MERISALU

LARS ROSÉN

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Geologi och eoteknik

Teknisk geologi

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2020

Villkorsutformning för grundvattenbortledning vid undermarksbyggande

Rapport

Samhällsbyggnadsteknik

JOHANNA MERISALU

LARS ROSÉN

© JOHANNA MERISALU, LARS ROSÉN, 2020

Rapport ACE 2020:11

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola 2020

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Geologi och geoteknik

Teknisk geologi

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2020

Villkorsutformning för grundvattenbortledning vid undermarksbyggande

Rapport

Samhällsbyggnadsteknik

JOHANNA MERISALU

LARS ROSÉN

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Geologi och geoteknik

Teknisk geologi

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Vid undermarksbyggande och under rådande grundvattenyta kan grundvatten läcka in i anläggningen. Eftersom arbeten i anläggningen samt driften av anläggningen i regel måste utföras i torra miljöer måste inläckande grundvatten i sådana situationer ledas bort. Grundvattenbortledning riskerar att skada ekonomiska, kulturella och miljömässiga värden. Bortledning av grundvatten och därmed anläggning av undermarkskonstruktioner kräver i regel alltid tillstånd enligt miljöbalkens 11 kapitel. För att säkerställa att verksamheten uppfyller miljöbalkens mål och krav fastställs vanligen villkor för vattenverksamheten i tillståndsdomen. Hur dessa villkor utformas kan ha stor påverkan på ett projekts framdrift och utförande då verksamhetsutövaren ofta måste vidta dyra och tidskrävande åtgärder för att efterleva villkoren. En överträdelse av villkoren är också straffrättsligt sanktionerat. Det övergripande syftet med denna rapport är att beskriva sambandet mellan ställda villkor för grundvattenbortledning vid undermarksbyggande och dessas konsekvenser i form av skador, störningar och kostnadsökningar. För att uppnå detta syfte har miljöbalkens tillämpning vid vattenverksamhet beskrivits utifrån en litteraturstudie, historiska tillståndsdomar har analyserats för att beskriva hur villkor har utformats i tidigare projekt, och ett arbetsseminarium med experter inom vattenverksamhet och undermarksbyggande har genomförts för att beskriva konsekvenserna av olika villkorskonstruktioner. Resultaten från arbetet visar att villkoren i tillståndsdomen kan vara mycket kostnadsdrivande och ha stor påverkan på både ett undermarksprojekts ekonomi samt dess framdrift om dessa utformas på ett ofördelaktigt sätt och inte är ändamålsenliga. Rapporten avslutas med rekommendationer för hur villkor bör utformas för att undvika eller minska risken för dessa negativa konsekvenser.

Nyckelord: undermarksbyggande, grundvattenbortledning, vattenverksamhet, villkor, åtgärder, rimlighetsavvägningen

Formulation of terms and condition for groundwater diversion when constructing below the ground surface

Report

Civil and Environmental Engineering

JOHANNA MERISALU

LARS ROSÉN

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Geology and Geotechnics

Engineering Geology

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Groundwater leakage into underground facilities are common when constructing below the ground surface and below the groundwater table. Leaking groundwater must be pumped from the facilities since both the construction and the operation most often demands dry working conditions. Dewatering of groundwater can cause damages to economic, cultural and environmental values. Dewatering activities and by default underground constructions are always obliged to apply for a permit from the environmental court according to the chapter 11 in the environmental code. Terms and conditions for the dewatering activity are as a rule determined in the permit to make sure that the project owner follows the restrictions and regulations in the environmental code. The formulation of these terms and conditions may have a great impact on both the project economy and the progress of the project since the project owner often must implement time consuming and expensive measures to comply with the permit. A violation of the terms and conditions are also punishable by criminal law. The overall aim of this report is to describe the relationship between terms and conditions for dewatering of groundwater during underground construction and their consequences in the form av damages, delays and cost increases. In order to achieve this purpose, the application of the environmental code for dewatering activates has been investigated through a literature study, historical permits have been analyzed to describe common formulations of terms and conditions from historical projects, and a workshop with expert in the field has been conducted to describe the consequences of different terms and conditions. The result from the project shows that the terms and conditions in the permits can have large impacts on the overall project economy and the progress of the project if formulated in an unfavorable and non-appropriate manner. The report concludes with recommendations regarding how terms and conditions may be formulated to reduce the risk of these negative consequences.

Key words: underground construction, dewatering, water operations, terms and conditions, measures, the proportionality principle

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Rapportens struktur	2
2 METOD	3
2.1 Miljöbalkens tillämpning vid undermarksprojekt	3
2.2 Analys av villkorsutformningen hos historiska tillståndsdomar för grundvattenbortledning.	3
2.2.1 Urval av tillståndsdomar	3
2.2.2 Översiktlig analys	4
2.2.3 Djupare analys	4
2.3 Arbetsseminarium	5
3 GRUNDVATTENBORTLEDNING	7
3.1 Risker vid grundvattenbortledning	7
3.2 Händelsekedjan	7
3.3 Osäkerheter	8
4 TILLSTÅND FÖR GRUNDVATTENBORTLEDNING	10
4.1 Vattenverksamhet	10
4.2 Tillståndsprövningen och miljökraven	10
4.3 Villkor	11
4.4 Rikt- eller gränsvärde	11
4.5 Tillsyn och kontrollprogram	12
4.6 Sanktioner – omprövning eller återkallelse av tillstånd	13
5 ÅTGÄRDER	14
5.1 Typer av åtgärder	14
5.2 Risker kopplade till åtgärder	15
5.3 Rimlighetsavvägningen - Åtgärders kostnader och nyttor	15

6	VILLKORSKONSTRUKTIONER I FALLSTUDIER	17
6.1	Översiktlig analys	17
6.2	Inläckage	19
6.2.1	Endast begränsningsvärden	19
6.2.2	Riktvärden och begränsningsvärden	20
6.2.3	Riktvärden och provotidsförordnande	20
6.3	Grundvattennivåer	21
6.3.1	Riktvärden i form av åtgärdsnivå	22
6.3.2	Riktvärde för tillåten förändring av grundvattennivån	22
6.3.3	Begränsningsvärde för tillåten förändring av grundvattennivån	23
6.4	Portryck	23
6.5	Marksättning	23
6.6	Skadeverkan	23
7	ARBETSSEMINARIUM	25
7.1	Konsekvenser av olika villkorsutformning	25
7.2	Tillämpning av rimlighetsavvägningen	28
7.3	Framtidens villkor	29
8	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	30
	REFERENSER	34
	APPENDIX 1	36

Förord

Den här rapporten redovisar resultaten från forskningsprojektet *Villkorsutformning för grundvattenpåverkan vid utförande av undermarksanläggningar* som finansieras av Trafikverket. Rapporten utgör en del av ett forskningsprojekt som syftar till att utveckla en modell för beslutsstöd för hantering av hydrogeologiska risker vid undermarksbyggande.

Författarna vill tacka Trafikverket för finansieringen av projektet. Vi vill också tacka projektgruppen, Bengt Åhlen, Ulf Edling och David Wladis för deras medverkan i projektarbetet. Slutligen vill vi tacka deltagarna på arbetsseminariet (deltagarna listas i avsnitt 2.3), utan ert bidrag hade arbetet inte gått att genomföra.

Göteborg mars 2020

Johanna Merisalu

1 Inledning

Den här rapporten redovisar resultaten från forskningsprojektet *Villkorsutformning för grundvattenpåverkan vid utförande av undermarksanläggningar* som finansieras av Trafikverket. Rapporten utgör en del av ett forskningsprojekt som syftar till att utveckla en modell för beslutsstöd för hantering av hydrogeologiska risker vid undermarksbyggande.

1.1 Bakgrund

Med ökad urbanisering följer en större konkurrens om markområden vilket resulterar i att infrastruktur såsom vägar och järnvägar förläggs under mark (Huggenberger m.fl., 2011). Sverige kommer de närmaste decennierna att göra stora satsningar på infrastruktur vilket medför att många undermarksanläggningar kommer uppföras i både urbana och rurala miljöer. Vid byggnation under mark och under rådande grundvattennivå riskerar grundvatten att läcka in i anläggningen. Inläckande vatten måste ledas bort för att säkerställa en torr miljö under bygg- och driftskedet vilket kan resultera i en avsänkning av grundvattennivån i omgivningen kring anläggningen (Gustafson, 2009). En avsänkning av grundvattennivån kan sekundärt resultera i skador på grundvattenberoende ekosystem såsom våtmarker och leda till sättningar i kompressionsbara jordar med skador på byggnader och anläggningar som följd (Boone, 1996; Lindskoug & Nilsson, 1974; Persson, 2007).

Eftersom grundvattenbortledning alltid riskerar att orsaka skada på dess omgivning är utgångspunkten alltid att verksamheten är tillståndspliktig enligt kapitel 11 i miljöbalken (1998:808). Miljöbalken skall alltid tillämpas så att skador samt olägenheter för människors hälsa och miljö förebyggs. Vid grundvattenbortledning är det främst skaderisken vid omgivningspåverkan som står i fokus. Vattnets betydelse som ändlig resurs av dricksvatten är sekundär. För att begränsa verksamhetens omgivningspåverkan förenas tillståndet i regel med begränsande villkor. Det finns ingen enhetlig modell för hur omgivningspåverkan ska hanteras i villkor. Tillsynes likartade projekt har historiskt fått olika utformade villkor. Det saknas också en samlad bedömning kring vilka konsekvenser olika villkorskonstruktioner kan medföra. Ett par studier (Lundman, 2011; Wladis & Rosén, 2018) har berört ämnet och visat att villkorens utformning kan påverka ett projekts framdrift och ekonomi. Detaljer kring vilka villkorskonstruktioner som ger dessa konsekvenser framgår dock inte.

För att undvika negativa konsekvenser som kostnadsökningar och förseningar till följd av villkorens utformning i framtida undermarksprojekt behövs mer kunskap om olika villkorskonstruktioners potentiella konsekvenser. Endast när konsekvenserna är kända har domstolen den kunskap som krävs för att kunna fatta relevanta beslut om villkor för grundvattenbortledning som är miljömässigt motiverade, ändamålsenliga och ekonomiskt rimliga.

1.2 Syfte

Det övergripande syftet med denna rapport är att beskriva sambandet mellan ställda villkor för grundvattenbortledning vid undermarksbyggande och dessas konsekvenser i form av skador, störningar och kostnadsökningar. För att uppnå detta övergripande syfte har projektet följande specifika målsättningar: 1) beskriva vanliga villkorskonstruktioner för grundvattenbortledning för undermarksprojekt genom analys av historiska tillståndsdomar, 2) identifiera, beskriva och utvärdera för- och nackdelar med vanliga villkorskonstruktioner, och 3) lämna förslag på hur villkor bör utformas för att minska risken för negativa konsekvenser.

1.3 Rapportens struktur

Rapporten är uppdelad i 8 kapitel. Kapitel 1 beskriver bakgrunden och syftet med arbetet. Kapitel 2 presenterar ramverket och metoderna som tillämpats för att genomföra arbetet. Kapitel 3 ger en bakgrund till vad grundvattenbortledning är och vilka konsekvenser grundvattenbortledning kan få. Kapitel 4 presenterar det juridiska ramverk som miljöbalken utgör vilket ligger till grund för hur villkor utformas. Kapitel 5 fokuserar på åtgärders betydelse för att efterleva villkor. Kapitel 6 presenterar vanliga utformningar av villkor för grundvattenbortledning vid undermarksbyggande. Kapitel 7 presenterar konsekvenser till följd av olika villkorskonstruktioner. Kapitel 8 summerar arbetet och ger rekommendationer för villkorsutformning.

2 Metod

Följande tillvägagångssätt har använts för att genomföra studien:

1. Beskrivning av miljöbalken tillämpning för grundvattenbortledning vid infrastrukturprojekt utifrån litteratur.
2. Analys av olika villkorsutformningar för grundvattenbortledning vid infrastrukturprojekt utifrån historiska tillståndsdomar.
3. Konsekvensanalys av olika villkorsutformningar genom seminarium med expertgrupp.

2.1 Miljöbalkens tillämpning vid undermarksprojekt

Vid framtagandet av kapitel 4 och 5 har lagtext, förarbeten, domstolspraxis samt doktrin utgjort grunden för beskrivningen av hur miljöbalken tillämpas för grundvattenbortledning vid undermarksbyggande.

I kapitel 4 har fokus legat på 1, 2 samt 11 kap. miljöbalken men andra relevanta bestämmelser i balken med koppling till villkor vid vattenverksamhet har också inkluderats. Kapitel 5 har främst utgått från 2 kap. 7§ miljöbalken. Miljöbalken förarbete (prop. 1997/98:45) har också använts för att tolka lagtexten.

Stor vikt har lagts på den juridiska doktrinen. För kapitel 4 har följande litteratur använts: ”Den svenska miljörätten” av Michanek och Zetterberg (2012), ”Vattenverksamhet, Handbok för tillämpning av 11 kapitlet i miljöbalken” utgiven av Naturvårdsverket (2008), ”The Swedish model for groundwater policy: legal foundations, decision-making and practical application” skriven av Lewis m.fl. (2013), samt ”Formulering av begränsningsvärden: Bör en riktvärdeskonstruktion återinföras?” skriven av Heimeryd (2014). För kapitel 5 har följande litteratur använts: ” Hur tillämpas miljöbalkens rimlighetsavvägning” skriven av Söderqvist m.fl. (2015) samt ”Att göra rimlighetsavvägningen enligt 2 kap. § 7 miljöbalken” skriven av Nordzell m.fl. (2017).

2.2 Analys av villkorsutformningen hos historiska tillståndsdomar för grundvattenbortledning.

För att beskriva vanliga villkorskonstruktioner för grundvattenbortledning för undermarksprojekt har flera tillståndsdomar analyserats genom en stegvis process. Processen består av tre delar: 1) urval av tillståndsdomar för underlag för analysen, 2) en översiktlig analys där villkoren kategoriseras, och 3) en djupare analys där underkategorier beskrivs. Hur dessa tre delar beror av varandra illustreras i **Figur 1**.

2.2.1 Urval av tillståndsdomar

Urvalet av tillståndsdomar gjordes med en intention att få ett brett underlag av domar där undermarkskonstruktion, de hydrogeologiska förhållandena samt känsligheten hos skyddsobjekten varierade. Undermarksanläggningen för alla fallstudier utgörs av bergtunnlar men några har också sträckor som utgörs av betongtunnlar i jord. Fallstudierna inkluderar tunnlar i både rural och urban miljö och de passerar områden

med både natur- och kulturvärden. Tillståndsdomarnas datum har ett tidsspänn på 19 år med den tidigaste domen från år 2000. Inga domar från åren före 1999 har inkluderats då dessa tillståndsdomar inte har utgått från rådande miljöbalk utan tidigare vattenlag (Naturvårdsverket, 2008).

2.2.2 Översiktlig analys

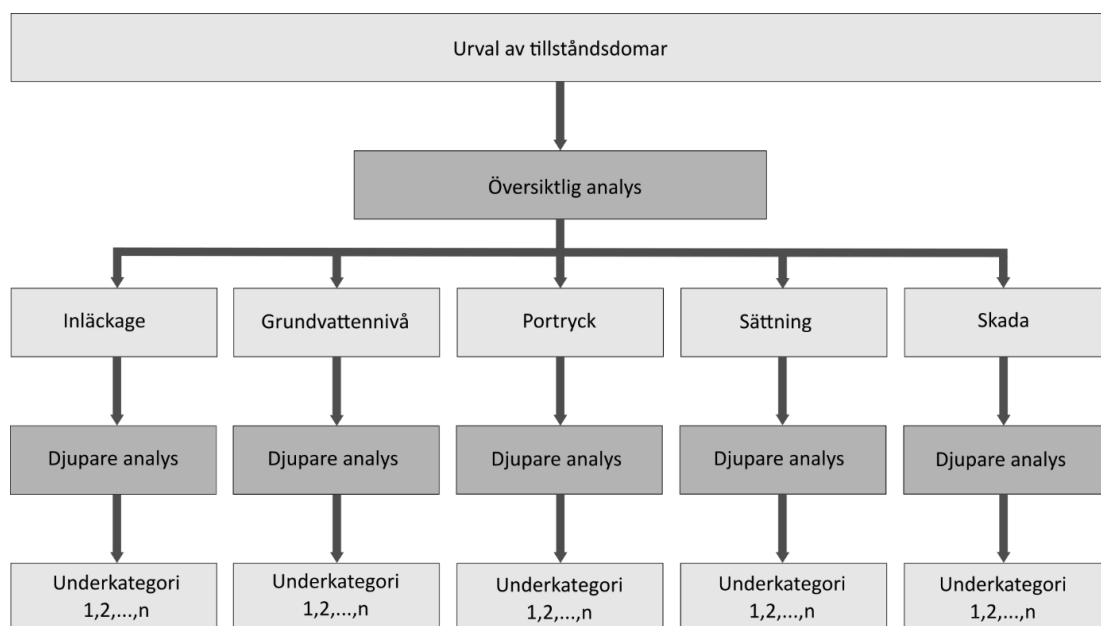
Den översiktliga analysen syftar till att få en överblick av vilka processer som kan villkoras i tillståndsdomar samt hur vanliga dessa är. Detta genomförs genom att kategorisera villkoren från tillståndsdomarna utifrån de processer som definieras i avsnitt 3.2. Följande processer undersöktes: inläckage, grundvattennivåer, portryck, marksättning samt skadeverkan.

Samtliga domars tillstånd samt dess villkor genomlästes. Fokus för analysen var att identifiera de särskilda villkoren för verksamheten som kopplade till grundvattenbortledningen samt kategorisera dessa. Vissa begränsningar för tillståndet benämns i några domar under rubriken *tillstånd* och inte i de särskilda villkoren. Dessa begränsningar i tillståndet samt de särskilda villkoren utgör underlaget för den översiktliga analysen. Det allmänna villkoret som innebär att verksamheten skall bedrivas i huvudsaklig överensstämmelse med vad sökanden angett i ansökan inkluderas inte i denna analys. Inte heller villkorstillägg såsom hur ett villkor ska mätas och kontrolleras har inkluderats.

Möjligheten till tolkning av villkoren varierar mellan olika domar. Viss tolkning av tillståndets och villkorens formulering har varit nödvändig för att kunna genomföra analysen.

2.2.3 Djupare analys

Den djupare analysen syftar till att få större kunskap kring variationen i villkorens utformning. Detta genomförs genom att varje kategori av villkor (inläckage, grundvattennivåer, portryck, marksättning samt skadeverkan) ytterligare delas upp i underkategorier. Dessa underkategorier utgår främst ifrån striktheten i villkorens utformning, exempelvis om de utformats som riktvärden eller gränsvärden. Den djupare analysen innehåller också en kvalitativ del där domskälen undersökts för att på ett djupare plan skapa en förståelse för hur domstolen resonerat vid utformandet av de olika villkoren. Domskälen redovisas i form av längre citat. För några ges också en sammanfattande tolkning.



Figur 1. Flödesschema som illustrerar analysen av villkorsutformning hos historiska tillståndsdömar för grundvattenbortledning.

2.3 Arbetsseminarium

Som ett sista steg i arbetet genomfördes ett arbetsseminarium under december månad 2019. Arbetsseminariets deltagare representerade följande intressenter: verksamhetsutövare, både hydrogeologier/bergbyggare samt jurister (7) konsulter (6) och tillsynsmyndighet (2). Syftet med arbetsseminariet var att identifiera och beskriva konsekvenserna av olika villkorsutformning samt att identifiera orsaker till variationen i villkorskonstruktioner. Under seminariet diskuterades också hur rimlighetsavvägningen tillämpas idag och hur den bör tillämpas. Målsättningen var också att seminariet skulle resultera i rekommendationer kring hur villkor bör utformas i framtida projekt. I **Appendix 1** redovisas de frågor som utgjorde diskussionsunderlag under seminariet. Följande personer deltog på seminariet:

- Therese Vestin, Bergab
- Thomas Wallroth, Bergab
- Oscar Heimeryd, Fröberg & Lundholm Advokatbyrå
- Anders Berzell, Trafikverket
- Anna Roxell, Trafikverket
- Jonas Sundell, Trafikverket
- Ola Forsberg, Trafikverket
- Ola Landin, Trafikverket
- Olle Bergsten, Trafikverket
- Åke Hansson, Trafikverket
- Maria Lagerström, Tyréns
- Martin Bergström, Tyréns
- Ingvar Rhen, Sweco
- Haideh Åkesson, Länsstyrelsen i Västra Götalands län
- Malva Ahlkrona, Länsstyrelsen i Stockholms län

Utöver expertgruppen medverkade också projektgruppen som bestod av:

- Johanna Merisalu, Chalmers tekniska högskola
- Lars Rosén, Chalmers tekniska högskola
- David Wladis, Hydrosense
- Bengt Åhlen, Trafikverket
- Ulf Edling, Trafikverket

3 Grundvattenbortledning

Vid byggande under marknivå och under rådande grundvattenyta kan grundvatten läcka in i anläggningen. Eftersom arbeten i anläggningen samt driften av anläggningen måste utföras i torra miljöer måste inläckande grundvatten i sådana situationer ledas bort. För berganläggningar är det inläckande grundvatten från bergets sprickor och för öppna schakter är det inläckande grundvatten från vattenförande jordlager som måste pumpas eller på annat vis ledas bort. Grundvattensänkande åtgärder kan också vara nödvändiga även utanför schakten för att säkerställa en säker arbetsmiljö och för att undvika stabilitetsproblem såsom bottenuppluckring och bottenuppträckning (Cashman & Preene, 2001).

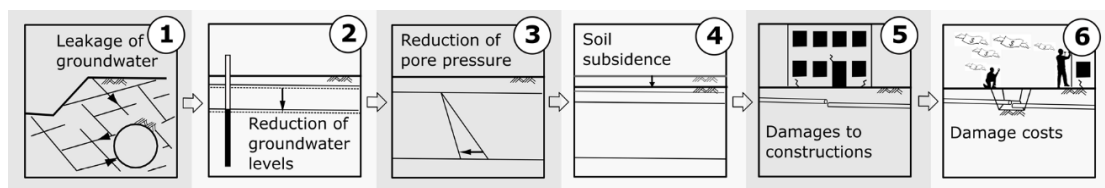
3.1 Risker vid grundvattenbortledning

Vid grundvattenbortledning riskerar grundvattennivåerna inom ett stort område från tunneln att påverkas (Burbey, 2002; Gustafson, 2009). Grundvattenpåverkan riskerar i sin tur att skada ekonomiska, kulturella och miljömässiga värden. I urban miljö är det främst kulturella och ekonomiska värden som utgör skyddsobjekten och i rural miljö är det främst miljömässiga värden. Exempel på skyddsobjekt är grundvattenberoende ekosystem, naturmiljöer och anläggningar såsom brunnar, våtmarker, källor och vattendrag (Attanayake & Waterman, 2006), byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning (Vatovec & Kelley, 2007) samt byggnader och anläggningar som kan skadas genom sättningar i kompressionsbara jordar (Boone, 1996; Lindskoug & Nilsson, 1974; Persson, 2007). För att kunna bedöma risken för skada till följd av grundvattenbortledning krävs det att hela kedjan från inläckage till konsekvenserna på de skyddsobjekt som identifierats beaktas (Sundell m.fl., 2015). För skyddsobjekt belägna på sättningkänsliga jordar beror magnituden på skadan av interaktionen mellan grundvattenbortledningens storlek, de hydrogeologiska förhållandena, de geotekniska förhållandena och känsligheten hos skyddsobjektet (Sundell, 2018). Skyddsobjekt såsom brunnar eller grundvattenberoende ekosystem är till skillnad från de sättningkänsliga skyddsobjekten endast beroende av interaktionen mellan inläckage och grundvattensänkning samt objektens känslighet. Andra risker vid grundvattenbortledning kan vara förändrade flödesmönster och mobilisering av föroreningar (Hernández-Espriú m.fl., 2014).

3.2 Händelsekedjan

För att grundvattenbortledning ska leda till skada är det flera händelser som måste inträffa. I **Figur 2** beskrivs dessa händelser med ett exempel för inläckage till en bergtunnel som orsakar skador på en sättningkänslig byggnad. Först så initieras händelsekedjan med ett inläckage av grundvatten till anläggning (1). Storleken på inläckaget beror av vattenledningsförmågan hos sprickor i berget eller hos de permeabla jordlagren, grundvattnets trycknivå (hydraulisk gradient) samt tunnelns tätningdesign. Beroende på inläckagets storlek och varaktighet samt förhållandena i det hydrogeologiska systemet kan en grundvattensänkning ske i närliggande magasin (2). Hur stor påverkan blir beror på de hydrauliska egenskaperna hos både jord och berg

tillsammans med systemets randvillkor och vattenbalans. Exempelvis kan ett magasin angränsa till en positiv hydraulisk rand såsom ett vattendrag som kontinuerligt fyller på magasinet. Vid sådana förhållanden kommer även stora inläckage ha liten påverkan på grundvattennivåerna. Det motsatta gäller om magasinet har täta gränser och därav ett litet tillflöde av vatten. Vid sådana förhållanden kan även ett litet inläckage ha stor påverkan på grundvattennivåerna. Storleken på eventuell avsänkning är alltså i större utsträckning beroende av områdets hydrogeologiska beskaffenhet än inläckagets storlek. Om magasinet överlagras av en lera kan en minskning av portrycket initieras (3). Minskning av portryck är en långsam process. Hastigheten beror främst av lerans vattenledningsförmåga, mäktighet samt den hydrauliska gradienten mellan leran och underliggande grundvattenmagasin. Grundvattenavsänkningens varaktighet är därmed avgörande för hur portrycket förändras i leran. Ett minskat portryck kan i sin tur påbörja en sätttningsprocess i leran (4). Hur sätttningsbenägen leran är beror av lerans belastningshistorik vilken styr dess kompressionsegenskaper. Sättningarna kan i sin tur ge upphov till skador på objekt såsom byggnader och ledningar (5). Hur stora skadorna blir beror av sättningens storlek men också hur sättningkänslig objektet är. Exempelvis kan en byggnads grundläggning påverka sättningkänsligheten. Slutligen ger skadorna upphov till en kostnad (6). Sammanfattningsvis implicerar händelsekedjan att ett inläckage inte per automatik leder till skada utan att flera processer måste samverka för att så ska ske (Sundell, 2018).



Figur 2. Händelsekedjan för skador på anläggningar till följd av bortledning av inläckande grundvatten till en undermarksanläggning (från Sundell (2018)).

För andra skyddsobjekt kan händelsekedjan se annorlunda ut. För exempelvis grundvattenberoende ekosystem och anläggningar såsom våtmarker och energibrunnar kan skada uppstå direkt till följd av den grundvattensänkning som ett inläckage kan initiera. För dessa skyddsobjekt innehåller händelsekedjan då färre processer som måste samverka för att skada ska uppstå.

3.3 Osäkerheter

Även om händelsekedjans olika delar är kända för oss är interaktionen mellan dessa förknippade med stora osäkerheter. Dessa osäkerheter kan delas upp i två kategorier: 1) den aleatoriska osäkerheten som beror av naturens inneboende variabilitet, samt 2) den epistemiska osäkerheten som beror av vår okunskap om naturens variabilitet (Aven, 2012). Exempel på en aleatorisk osäkerhet är hur den hydrauliska konduktiviteten i en geologisk formation varierar spatalt. Den naturliga variationen kan inte reduceras vilket innebär att den aleatoriska osäkerheten inte kan minskas. Den epistemiska osäkerheten innefattar vår okunskap om de naturliga förhållandena och den naturliga variationen. Exempelvis kan vår kunskap om den hydrauliska konduktiviteten bli större genom att mätningar genomförs och data samlas in. Den epistemiska osäkerheten kan

således minskas genom att tillskaffa oss mer kunskap. Grundvattenbortledning kan potentiellt påverka grundvattnets trycknivå över stora områden. Finansiella och tidsmässiga begränsningar i sin tur medför att de epistemiska osäkerheterna för dessa stora områden aldrig kan reduceras fullt ut (Kadefors & Bröchner, 2008).

4 Tillstånd för grundvattenbortledning

4.1 Vattenverksamhet

Vattenverksamhet är ett juridiskt begrepp och innefattar byggande i vatten, vattentäcker, markavvattning samt åtgärder som syftar till att förändra vattnets djup eller läge. Vattenverksamhet behandlas i miljöbalkens 11 kapitel. Bortledning av grundvatten och därmed anläggning av undermarkskonstruktioner är i regel alltid vattenverksamhet (Naturvårdsverket, 2008) vilket kräver tillstånd enligt 11 kap. 9§. Undantag från kravet om tillstånd gäller om det är uppenbart att vattenverksamheten varken skadar allmänna eller enskilda intressen 11 kap. 12§ (Lewis m.fl., 2013). Att starta en vattenverksamhet utan tillstånd när detta behövs är straffsanktionerat och verksamhetsutövaren har alltid bevisbördan. Inga förberedelsearbeten av stor omfattning får utgöras innan tillstånd beviljats; 11 kap. 10§. Ett tillstånd skyddar också verksamheten då kraven på verksamheten inte kan skärpas av miljömyndighet i efterhand.

4.2 Tillståndsprövningen och miljökraven

För att beviljas tillstånd för vattenverksamhet krävs att flera miljökrav i miljöbalken är uppfyllda (Michanek & Zetterberg, 2012). Till skillnad från många andra rättsliga processer gäller omvänd bevisbörda vid tillståndsansökningar (2 kap. 1§). Det är alltså verksamhetsutövaren som måste tillhandahålla bevis av förhållandena som prövas. Vid tillståndsprövningen beaktas miljöbalkens övergripande mål i kapitel 1, de allmänna hänsynsreglerna i kapitel 2 samt miljöbalkens hushållningsbestämmelser i kapitel 3 och 4. Miljöbalkens övergripande mål är att främja en hållbar utveckling. I följande citeras miljöbalkens portalparagraf 1 kap. 1§:

”Bestämmelserna i denna balk syftar till att främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö. En sådan utveckling bygger på insikten att naturen har ett skyddsvärde och att människans rätt att förändra och bruka naturen är förenad med ett ansvar för att förvalta naturen väl.”

Vid ansökningar enligt miljöbalken om tillstånd för vattenverksamhet avseende större infrastrukturprojekt blir dock prövningen enligt balken många gånger begränsad eftersom projektets tillåtlighet i de flesta fall redan är prövad enligt 17 kap. miljöbalken eller genom en väg- eller järnvägsplan. Enligt miljöbalkens 11 kap. 23 § ska nämligen tillstånd lämnas för vattenverksamheter vars anläggande har prövats i särskild ordning. Prövningen hos mark- och miljödomstolen begränsas således här till att endast omfatta bestämmande av villkoren för tillståndet. Bedömningen om verksamheten överhuvudtaget ska tillåtas ligger således utanför domstolens möjliga prövningsram. Här finns dock vissa undantag (jfr t.ex. NJA 2013 s. 613) men dessa är endast tillämpliga vid prövningar av andra tillstånd och dispenser enligt balken som har sin grund i europarättslig miljölagstiftning.

De allmänna hänsynsreglerna inkluderar följande hänsynkrav: Kunskapskravet (2 kap. 2§); det generella kravet på försiktighetsprincipen (2 kap. 3§); produktvalskravet (2

kap. 4§); hushållningskravet (2 kap. 5§) samt; lokaliseringskravet (2 kap. 6§). Hänsynskraven i 2-6 §§ syftar till att helst undvika eller dämpa miljöstörningar (Michanek & Zetterberg, 2012). Hänsynskraven inkluderar även skälighetsregeln (2 kap. 7§) som understryker att hänsynskraven enligt 2–6 §§ ska vidtas såvida kraven sammantaget inte är orimliga. Vid bedömningen ska särskild hänsyn tas till nyttan av skyddsåtgärden och andra försiktighetsmått jämfört med kostnaderna för sådana åtgärder. Kostnaden för hänsynskraven skall alltså beaktas när hänsynskraven fastställs (Michanek & Zetterberg, 2012). Skälighetsregeln beskrivs i mer detalj i avsnitt 5.3. I 2 kap. 8§ finns också bestämmelsen om ansvar för skadad miljö där det står skrivet att alla som bedriver eller har bedrivit en verksamhet eller vidtagit en åtgärd som medfört skada eller olägenhet för miljön ansvar till dess skadan eller olägenheten har upphört. Om inte verksamhetsutövaren lyckas motverka eller åtgärda skadan ska skadan ersättas.

Hushållningsbestämmelserna i kapitel 3 och 4 har fokus på användningen av mark- och vattenområden och utgör, precis som de allmänna hänsynsreglerna, grundläggande miljöregler i balken. Hushållningsreglerna i kapitel 3 inkluderar flera områdestyper samt bestämmelser gällande vilka allmänna intressen som skall beaktas vid verksamhet inom dessa områden. Dessa allmänna intressen är utformade med syftet att främja en hållbar användning mark- och vattenområden. I kapitel 4 behandlas specifika geografiska områden som beaktas som riksintresse.

4.3 Villkor

För att säkerställa att verksamheten uppfyller miljöbalkens mål och krav fastställs vanligen villkor i tillståndsdomen (16 kap. 2§). Tillståndet samt dess villkor syftar till att begränsa skadlig påverkan på människor och miljö. Vid grundvattenbortledning i tätort är det skaderisken som står i fokus. Utformningen av villkoren har avgörande betydelse för möjligheten att utöva en effektiv tillsyn, att objektivt fastställa om och när en överträdelse skett, samt för att verksamhetsutövaren ska kunna följa upp sin verksamhet (Prop. 1997/98:45 del 1, s.171). Villkoren kan delas in i två kategorier: de allmänna villkoren och de särskilda villkoren. De allmänna villkoren innebär att sökanden binds till de åtaganden som uppgetts i ansökan. Mindre ändringar av verksamheten kan dock vidtas förutsatt att ändringen inte medför ökad störning för omgivningen av någon betydelse. De särskilda villkoren är mer specifika och anger ofta begränsningsvärden i form av gränsvärden eller riktvärden (Michanek & Zetterberg, 2012).

4.4 Rikt- eller gränsvärde

Skillnaden mellan gränsvärde och riktvärde är vilken åtgärd som vidtas vid överträdelse av villkoret. Ett överskridet gränsvärde är ett villkorsbrott och kan vara straffrättsligt sanktionerat. Om ett riktvärde istället överskrids så är verksamhetsutövaren skyldig att vidta åtgärder med syftet att korrigera överträdelsen samt att förhindra att en överträdelse sker igen. Verksamhetsutövaren är i detta fall endast skyldig till villkorsbrott om åtgärder inte vidtas.

Villkor bör utformas som riktvärden när det är lämpligt. Det är exempelvis lämpligt att använda riktvärden när oprövad teknik skall användas och det är svårt att avgöra vilken begränsning som är möjlig (Prop. 1997/98:45 del 1, s.172). Vidare går att läsa att riktvärdet endast bör användas vid prøvotidsförordnande och att slutgiltiga gränsvärden bör ersätta riktvärdena när erfarenhet vunnits. Enligt 22 kap. 27§ kan domstolen vid meddelande om tillstånd skjuta upp frågan om villkor till dess att erfarenheter har vunnits av verksamhetens inverkan och det är detta som kallas prøvotidsförfarande (Michanek & Zetterberg, 2012).

Under 2009 ändrades praxis gällande begränsningsvärden då Mark- och miljööverdomstolen skrotade begreppen gränsvärde och riktvärde ur villkor formulerade som begränsningsvärden. Den nya praxisen innebar att ett överskridande av begränsningsvärden är ett villkorsbrott som är straffrättsligt sanktionerat. Det fastslogs således att ett begränsningsvärde är ett gränsvärde med samma straffrättsliga sanktion (Heimeryd, 2014). Riktvärde används i villkor för vattenverksamhet även efter 2009 men gränsvärden benämns istället begränsningsvärden. I tillståndsdomen för Strängnästunneln (M 7167–12) från 2013 formuleras inläckagevillkoren som riktvärden för byggtiden. Denna dom överklagades och samma år fastslog mark- och miljööverdomstolen att riktvärden är rimligt att använda för vattenverksamhet trots rådande praxis om slopade riktvärden för miljöfarlig verksamhet. I domskälen refereras till miljöbalkens förarbeten (Prop. 1997/98:45 del 1, s.171 f.). I tillståndsdomen för Varbergstunneln (M 12389–18) från 2018 utformas villkoren för byggskedet som begränsningsvärden med hänvisning till att regleringen bör följa den numera gängse utformningen av begränsningsvärden. Det framgår dock av villkorens tillhörande förklaring samt domskälen att villkoren ska gälla som riktvärden även om de formulerats som begränsningsvärde. Verksamhetsutövaren överklagade domen och år 2020 ändrade mark- och miljööverdomstolen villkorsformuleringen till riktvärden för byggskedet (M 12389–18). I domskälen refereras till Strängnästunnelns tillståndsdom. Vattenverksamhet är således ett undantag från rådande praxis gällande begränsningsvärden för miljöfarlig verksamhet.

4.5 Tillsyn och kontrollprogram

Tillsynen av verksamheten är viktigt för att säkerställa att miljöbalken mål och krav efterlevs. Tillståndsmyndigheten kan reglera hur kontrollen av verksamheten skall bedrivas men det är vanligare att det ansvaret tillkommer tillsynsmyndigheten. En stor del av ansvaret för tillsynen ligger hos verksamhetsutövaren som är skyldig att fortlöpande utföra egenkontroll av verksamheten. Tillsynsmyndigheten i sin tur kontrollerar att verksamhetsutövaren utför egenkontrollen och att miljöbalken regler och domstolens beslut följs. Det är främst verksamhetsutövaren som ansvarar för att villkoren efterlevs (Prop. 1997/98:45, del 2, s.279).

För att verksamhetsutövaren ska kunna efterleva villkoren och för att tillsynsmyndigheten ska kunna bedöma om villkoren efterlevs eller inte krävs det att villkoren är konkreta och exakta. Villkoren ska ha en så tydlig avgränsning att det objektivt går att fastställa när en överträdelse har skett.

Otydliga villkor minskar möjligheten för verksamhetsutövaren att kunna planera verksamhetens samt efterleva villkoren. Otydliga villkor minskar också möjligheten för tillsynsmyndigheten att objektivt fastställa om en överträdelse skett eller inte. Detta får särskild betydelse i det perspektivet att villkorsöverträdelser är straffsanktionerade.

4.6 Sanktioner – omprövning eller återkallelse av tillstånd

Om verksamhetsutövaren bryter mot villkoren kan tillståndet återkallas eller omprövas av tillståndsmyndigheten (24 kap. 5§). Återkallelse av tillståndet sker i regel som en sista utväg. Enligt bestämmelsen om otillåten miljöverksamhet (29 kap. 4§) är överträdelse av villkoret straffrättsligt sanktionerat. Om en överträdelse skett uppsåtligen eller genom oaktsamhet och om handlingen inte kan anses ringa är den straffbar.

5 Åtgärder

För att villkoren inte skall överträdas och för att skada inte ska uppstå måste verksamhetsutövaren ofta vidta skyddsåtgärder. Dessa åtgärder kan riktas mot flera av händelsekedjans delar: 1) inläckage, 2) grundvattensänkning, 3) portryckssänkning, 4) sättning, och 5) skada.

5.1 Typer av åtgärder

Den vanligaste åtgärden för att motverka inläckage (1) till undermarksanläggningar är att utföra tätningsinsatser. Tätningsinsatserna utgör i regel en stor del av kostnaderna vid byggnation i berg (Werner m.fl., 2012). Tätningsinsatserna för berganläggningar utgörs vanligtvis av injektering eller betonginklädning (även kallad lining) av tunnelns väggar, golv och tak. Injektering innebär att injekteringsmedel pressas in i öppna porer och sprickor i berget under tryck. Injektering kan utföras både före och efter uttag av berg men förinjektering är i regel det huvudsakliga tätningsalternativet (Stille, 2015; Zetterlund m.fl., 2011). Betonginklädning används sällan i Sverige då bergkvaliteten vanligtvis är av mycket god kvalitet. Undantag där betonginklädning är aktuellt är delar av tunnlar med liten bergtäckning eller dålig bergkvalitet.

För att motverka grundvattensänkning och/eller bibehålla stabila grundvattennivåer (2) kan konstgjord infiltration användas. Vatten kan infiltreras till jordlagren eller direkt till berget genom infiltrationsbrunnar. Det är av stor vikt att jorden eller berget har tillräcklig hög hydraulisk konduktivitet för att infiltration ska lyckas. För infiltration i berg är det viktigt att infiltrationsbrunnen utnyttjar de aktiva sprickzonerna i berget. Att lokalisera dess sprickzoner kan vara svårt och kräver goda kunskaper om de hydrogeologiska förhållandena, särskilt i miljöer med flera akviferer (Andersson & Sellner, 2000). Vid infiltration bildas en förhöjd grundvattennivå närmast infiltrationsbrunnen. Den lokalt förhöjda grundvattennivån kan medföra risker för översvämningar av lågt belägna utrymmen såsom källare. Infiltrationen av syrerikt vatten kan också starta en nedbrytningsprocess av trägrundläggningar (Vatovec & Kelley, 2007).

Åtgärder som syftar till att minska inläckage eller motverka grundvattensänkning syftar båda till att minska sannolikheten för att skada till följd av grundvattensänkningen sker. Åtgärder kan också riktas direkt mot skyddsobjekten (5) för att minska konsekvensen av en grundvattensänkning. Exempelvis kan sättningskänsliga byggnader grundförstärkas så att ingen skada kan uppstå vid eventuell marksättning.

Ovan nämnda åtgärder kan vara både proaktiva och reaktiva. Exempel på proaktiva åtgärder vid grundvattenbortledning är förinjektering av berg med syftet att minska inläckaget (1), färdiga infiltrationsanläggningar med syftet att höja grundvattennivån vid eventuell avsänkning (2) eller grundförstärkning av sättningskänsliga eller grundvattenberoende byggnader innan byggstart (5). Exempel på åtgärder av reaktiv karaktär är investeringar som måste göras för att korrigera överträdelser av villkor och skador. Exempel på reaktiva åtgärder är ytterligare injektering (1), anläggning av nya

infiltrationsanläggningar för att höja redan avsänkta grundvattennivåer (2) och grundförstärkning av byggnader med sättningsskador (5) eller ersättning för skada.

Vilka åtgärder som vidtas beror på hur villkoren är utformade. För att efterleva ett inläckagevillkor är det endast tätningsåtgärder som kan genomföras. För att efterleva ett villkor om opåverkade grundvattennivåer kan tätningsåtgärder och/eller infiltrationsåtgärder vidtas. För att efterleva ett villkor mot att åsamka skada på anläggningar kan både tätningsåtgärder, infiltrationsåtgärder och/eller förstärkningsåtgärder vidtas. Villkorens utformning påverkar således verksamhetsutövarens valmöjligheter till åtgärder.

5.2 Risker kopplade till åtgärder

Det finns två typer av felrisker kopplade till att vidta åtgärder: 1) att inte genomföra en åtgärd som borde genomföras, och 2) att genomföra en åtgärd som inte borde genomföras. Exempel på felrisk 1 är när verksamhetsutövaren inte infiltrerar den erforderliga mängden vatten som krävs för att undvika skada. Exempel på felrisk 2 är när verksamhetsutövaren genomför dyra tätningsåtgärder trots att inläckande grundvatten inte riskerar att leda till någon skadlig omgivningspåverkan.

Villkoren i tillståndet syftar till att minska risken för skada. Mot bakgrund av detta kan villkoren ses som en riskhantering för att undvika felrisk 1. Typiskt leder dock denna riskhantering till en ökning av felrisk 2. Båda dessa risker måste beaktas och balanseras vid bestämmandet av villkorens utformning. För att säkerställa att detta också sker har miljöbalken ett inbyggt skydd i form av rimlighetsavvägningen.

5.3 Rimlighetsavvägningen - Åtgärders kostnader och nyttor

När rimlighetsavvägningen, eller skälighetsregeln som den också heter, enligt 2 kap. 7§ miljöbalken tillämpas ska en åtgärds förmåga att förebygga eller begränsa en skada eller olägenhet vägas mot kostnaden för att genomföra åtgärden. Kostnaden för att uppfylla hänsynsreglerna skall vara motiverade från miljösynpunkt. Detta innebär att proportionen mellan den nytta för människors hälsa och miljön som skyddsåtgärden medför inte får vara orimlig med hänsyn till de kostnader åtgärderna föranleder (prop. 1997/98:45, del 2, s.24–25). Vidare framgår att det ankommer på verksamhetsutövaren att visa att kostnaden för en åtgärd inte är miljömässigt motiverad eller att den är orimligt betungande.

Det är främst två faktorer som skall beaktas vid skälighetsavvägningen. Den första är olägenhetens beskaffenhet såsom farlighet och omfattning. Den andra är känsligheten i det området där påverkan sker eller hos dem som utsätts för störningen (prop. 1997/98:45, del 2, s.25). För vattenverksamhet i urban miljö kan exempelvis graden av känslighet utgöras av det ekonomiska/kulturella värdet på de byggnader som påverkansområdet inhyser.

I skälen till regeringens förslag till miljöbalken (Prop. 1997/98:45, del 1, s.231-232) understryks att hänsyn skall tas till de fall då marginalnyttan för miljön inte uppväger

en verksamhets kostnader för försiktigheten (Söderqvist m.fl., 2015). I skälen står också att det inte uteslutande är en jämförelse av kostnaderna för skyddsåtgärderna med nyttan för miljön som ska beaktas även om dessa faktorer är av särskild betydelse för bedömningen. Vilka dessa andra aspekter är framgår dock inte av lagtexten eller propositionen. Huruvida kostnaden för en åtgärd är orimlig beror av beskaffenheten på verksamheten. För yrkesmässig verksamhet ställs krav på bästa möjliga teknik och i bedömningen av vad som är ekonomiskt rimligt utgår bedömningen av vad som är ekonomiskt rimligt från branschförhållanden och inte den aktuella verksamhetsutövarens betalningsförmåga. Hur denna avvägning skall göras framgår inte.

Enligt Söderqvist m.fl. (2015) ger miljöbalkens förarbeten gällande 2 kap. 7§ miljöbalken inte någon fullständig vägledning i hur skälighetsregeln ska tillämpas. Det är därför upp till domstolen att tolka lagtexten vid rättstillämpning. Söderqvist m.fl. (2015) konkluderar också utifrån de 51 miljötillståndsdomar de analyserat att det inte alltid görs en rimlighetsavvägning och när det görs är det relativt sällsynt att domskälen innehåller utförliga resonemang om nyttor och kostnader. Det framgår inte heller alltid vilka nyttor och kostnader som bedömts och hur dessa har jämförts.

Mot bakgrund av detta beställde Naturvårdsverket rapporten *Att göra rimlighetsavvägningen enligt 2 kap. §7 miljöbalken*, författad av Nordzell m.fl. (2017). I rapporten presenteras ett förslag till ansats för hur rimlighetsavvägningen bör göras. För att utreda om kostnaden för en skyddsåtgärd är rimlig föreslår författarna att skyddsåtgärdens kostnad utreds i två steg. I steg 1 görs en samhällsekonomisk bedömning, där såväl kostnaderna som nyttan värderas samhällsekonomiskt. Detta steg syftar till att utröna om åtgärden är samhällsekonomiskt motiverad att genomföra. För steg 1, den samhällsekonomiska lönsamhetsbedömningen rekommenderas kostnadsnyttanalytisk analys (cost-benefit analysis, CBA) där både kostnaderna och nyttorna uttrycks monetärt. För att bedömningen ska bli korrekt är det av stor vikt att både kostnaderna och nyttorna är baserade på samma förutsättningar. Exempelvis måste de grunda sig på samma referensalternativ och vara uttryckta i samma basårpris. För att prissätta kostnaderna och nyttorna kan schablonvärdessystem användas såsom exempelvis ASEK (Trafikverket, 2018). I steg 2 görs en företagsekonomisk rimlighetsbedömning av skyddsåtgärden utifrån ett branshperspektiv. Fokus ligger här på att avgöra hur kostnaden för åtgärden fördelas mellan olika aktörer i samhället och i vilken grad dessa aktörer kan axla denna kostnad. Huruvida en åtgärd är rimlig kan exempelvis bero av hur stor andel av produktionskostnaden som åtgärden skulle utgöra och i vilken grad kostnaderna för åtgärden kan fördelas på verksamhetsutövarens kunder eller leverantörer. Resultatet från steg 1 och två vägs slutligen samman i rimlighetsavvägningen.

6 Villkorskonstruktioner i fallstudier

För att få en överblick av hur villkor för grundvattenbortledning utformas idag valdes elva (11) undermarksprojekt ut som fallstudier för att utgöra underlag för en analys. Alla dessa fallstudier utgörs av bergtunnlar men några har också sträckor som utgörs av betongtunnlar i jord. Villkoren för tunnlar i jord gäller i regel endast schaktarbetena under anläggningstiden men kan också gälla driftskedet. Tunnlarna går genom både urban och rural miljö och passerar områden med natur- och/eller kulturvärden. **Tabell 1** beskriver de elva domarna utifrån årtal för tillståndet för grundvattenbortledning, om tunneln går genom berg och/eller jord och om påverkansområdet utgörs av urban eller rural miljö.

Tabell 1. Sammanfattning av fallstudieobjekt för analys av historiskt förekommande villkorsutformningar.

Projekt	År tillståndsdöm	Anläggning i berg	Schakt i jord	Urban miljö	Rural miljö	Beskrivning
Götatunneln	2000	x	x	x		Vägtunnel under centrala Göteborg.
Citytunneln	2004	x	x	x		Järnvägstunnel under centrala Malmö.
Citybanan	2006–2013	x	x	x		Järnvägstunnel under centrala Stockholm
Strängnästunneln	2013/2014	x		x	x	Järnvägstunnel. Tunneln går under både tätort och skogsmark.
E4 Förbifart Stockholm	2014/2015	x	x	x	x	Vägtunnel. Tunneln går under både tätort och skogsmark. Skogsmarken är klassat som Natura2000-områden.
Nya Slussen	2015	x	x	x		Trafikplats i centrala Stockholm.
Tunnelbanan Akalla-Barkaby	2017	x	x	x		Tunnelbana i Stockholm.
Västlänken	2018	x	x	x		Järnvägstunnel under centrala Göteborg.
Tunnelbanan Odenplan-Arenastaden	2018	x	x	x		Tunnelbana i Stockholm.
Varbergstunneln	2018/2020	x	x	x		Järnvägstunnel under centrala Varberg
Hamnbanan	2019	x	x	x		Järnvägstunnel i Göteborg

6.1 Översiktlig analys

Samtliga elva fallstudier och dess tillståndsdömar har använts för en översiktlig analys av olika villkorskonstruktioner. I denna analys har villkor som kopplar till händelsekedjans olika delar identifierats. Villkoren har därför delats in i fem kategorier i enlighet med händelsekedjans delar: Inläckage, grundvattensänkning,

portrycksförändring, marksättning och skador. Fokus för studien har varit på de särskilda villkoren. Det allmänna villkoret som innebär att verksamheten skall bedrivas i huvudsaklig överensstämmelse med vad sökanden angett i ansökan inkluderas inte i denna analys. Vidare har ingen hänsyn tagits till hur dessa villkor är formulerade, exempelvis om de är skrivna som riktvärden, begränsningsvärden eller om domstolen beslutat att villkoren skall fastslås av tillsynsmyndigheten i ett kontrollprogram.

I **Tabell 2** visas resultatet av den översiktliga analysen. Som framgår av tabellen är villkor kopplade till inläckage och grundvattennivåer vanligast vid grundvattenbortledning. I 9 av 11 domar finns inläckagevillkor samt villkor för förändring av grundvattennivån. Näst vanligast, 8 av 11 domar, är villkor för skadeverkan. Villkor för portrycksförändring och marksättning har endast hittats i en dom vardera. Det är viktigt att notera att de flesta domarna har en kombination av flera villkor.

Tabell 2. Översiktlig analys av villkorskonstruktioner för de elva fallstudierna.

Projekt	Mål nr.	Inläckage	Grundvattennivå	Portryck	Marksättning	Skada
Götatunneln	M 86-99		x			
Citytunneln	M 81-02, M 491-07, M 3241-05	x	x		x	x
Citybanan	M 15075-5, M 6486-05, M 8597-06, M 1761-07, M 1659-07, M 2301-07, M 4128-08, M 3980-09, M 1624-07	x	x			x
Strängnästunneln	M 7167-12, M 493-14	x				
E4 Förbifart Stockholm	M 3346-11, M 11838-14	x	x			x
Nya Slussen	M 1425-12		x			
Tunnelbanan Akalla-Barkaby	M 7039-15	x	x			x
Västlänken	M 638-16	x	x	x		x
Tunnelbanan Odenplan- Arenastaden	M 598-17	x	x			x
Varbergstunneln	M 465-17 M 12389-18	x				x
Hamnbanan	M 2186-17	x	x			x
Antal		9	9	1	1	8

6.2 Inläckage

Vanligen formuleras inläckagevillkor som maximalt tillåtet inläckage i volym/tidsenhet för en given sträcka. Villkoret kan anges för hela tunneln, delsträckor/sektioner eller per hundra meter tunnel. Inläckagevillkoren ges vanligen separat för anläggningsskedet och driftskedet och fastställs i dom. Storleken på inläckaget för anläggningsskede och driftskede kan vara lika eller olika.

Inom ramen för detta projekt har tre olika förhållningssätt för de vanligaste förekommande Inläckagevillkoren identifierats: 1) Villkoren utformas endast som begränsningsvärden, 2) Villkoren utformas som riktvärden för anläggningsfasen och begränsningsvärden för driftsfasen, och 3) Villkoren utformas som riktvärden för anläggningsfasen och de slutgiltiga villkoren skjuts på framtiden genom ett så kallat prövotidsförordnande.

I **Tabell 3** visas fördelningen av dessa tre förhållningssätten för de nio fallstudierna som har villkor för inläckage. Det är ett projekt som har fått inläckagevillkor som begränsningsvärden för både anläggningsskedet och driftskedet: Citytunneln. I regel så utformas inläckagevillkoren som riktvärde för anläggningsskedet och som begränsningsvärde för drifttiden. för fallstudierna var 6 av 9 inläckagevillkor utformade på detta viset. De båda nya tunnelbanorna i Stockholm har båda fått riktvärden för anläggningsskedet och prövotidsförordnande för de slutgiltiga villkoren för driftskedet.

Tabell 3. Sammanställning av Inläckagevillkorens utformning för de nio fallstudierna. R står för riktvärde, B för begränsningsvärde och P för prövotidsförordnande.

Projekt	Anläggningsskede		Driftskede		Kommentar	
	R	B	R	B		P
Citytunneln		x		x		
Citybanan	x		x		x	Har riktvärden för drifttiden tills slutgiltiga villkor fastställts
Strängnästunneln	x			x		
E4 Förbifart Stockholm	x			x		Kontrollvärden för anläggningsskedet
Tunnelbanan Akalla-Barkaby	x				x	
Västlänken	x			x		
Tunnelbanan Odenplan-Arenastaden	x				x	
Varbergstunneln	x			x		
Hamnbanan	x			x		
Antal	7	1	1	6	3	

6.2.1 Endast begränsningsvärden

Det är endast ett projekt som fått villkor i tillståndet utformade som begränsningsvärden för både anläggningsskede och driftskede: Citytunneln. Det återges ingen motivering till val av begränsningsvärde i domskälen.

6.2.2 Riktvärden och begränsningsvärden

Riktvärden för byggskedet och begränsningsvärden för driftskedet är den gängse utformningen för inläckagevillkor. Motiveringen till att utforma inläckagevillkoren som begränsningsvärden för driftskedet finns inte att finna i någon av domarna men motiveringar till riktvärdeskonstruktionen för byggskedet är desto vanligare. Nedan följer två exempel för hur domstolen resonerat i valet att utforma inläckagevillkoren som riktvärde för anläggningsskedet. Motiveringen till att villkora inläckaget som riktvärde under anläggningsskedet för båda dessa fall är att konsekvensen av ett överskridande under anläggningsskedet kan få onödiga konsekvenser ifall villkoren är utformade som begränsningsvärden.

I tillståndsdomen för Strängnästunneln (M 7167–12) går följande att läsa:

Ett litet flöde i en specifik sprickzon kan innebära en större skaderisk på ett specifikt objekt jämfört med ett större flöde i en sprickzon där skadeobjekt saknas. Inläckagets storlek till en tunnel är därför i ett kort perspektiv vanligtvis av mindre betydelse jämfört med den påverkan på omgivningen som, oavsett storleken på flödet, kan ske. Ett villkor utformat med begränsningsvärde innebär att tunneldriften, om den angivna storleken på inläckaget överskrids, avbryts under en period oavsett om det föreligger någon konkret risk för skada på skyddsobjekt eller ej. Ett villkor utformat på det sättet är, enligt mark- och miljödomstolens mening, inte miljömässigt motiverat.

I tillståndsdomen för Förbifart Stockholm (M 3346–11) går följande att läsa:

Enligt mark- och miljödomstolen behövs det vid tunneldrivning i berg en viss flexibilitet i villkorsregleringen och en möjlighet till anpassning vid oförutsägbara förhållanden. Trafikverket ska på olika sätt med varierande typer av skyddsåtgärder kunna hantera skilda förhållanden längs hela tunnelsträckningen. Villkor som kombineras med ett väl utformat kontrollprogram för omgivningspåverkan och skyddsåtgärder, vilka anges i upprättad åtgärdsplan, är i detta projekt den mest lämpliga villkorsregleringen. Risken för skador minimeras vid eventuella kortvariga överskridanden av villkoren samtidigt som man undviker orimliga konsekvenser av överskridanden. Kontrollen ska främja en aktiv dialog mellan Trafikverket och tillsynsmyndigheterna. Tillsammans kan man då förhålla sig till och hantera varierande förutsättningar i berget.

6.2.3 Riktvärden och prøvotidsförordnande

Tunnelbanan Akalla – Barkaby är ett exempel på ett tillstånd för grundvattenbortledning som villkorats med riktvärden under anläggningsfasen och där domstolen med stöd av 22 kap. 27§ beslutat att skjuta upp avgörandet av slutgiltiga villkor avseende inläckande grundvatten under en prøvotid motsvarande byggtiden (M 7039–15). Verksamhetsutövaren och domstolen är överens om att det råder för stora osäkerheter kring kopplingen mellan inläckagemängder och skada att de slutgiltiga villkoren bör skjutas på framtiden. Domstolen beslutar också att villkoren utformas som riktvärden under byggtiden för att övergå i begränsningsvärden när mer erfarenhet vunnits. Verksamhetsutövaren SSL:s förslag och motivering till villkor var som följer:

Det finns i nuläget inte tillräckligt underlag för att föreskriva slutliga villkor om högsta godtagbara inläckage av grundvatten till det blivande tunnelsystemet. SLL föreslår därför att frågan skjuts upp under en prøvotid samt att en provisorisk föreskrift avseende högsta godtagbara inläckage av grundvatten till det blivande tunnelsystemet ska gälla under prøvotiden.

Vidare går att läsa:

Inläckaget kommer att variera över året beroende på årstid och nederbörd. Den provisoriska föreskriften föreslås därför utformas som ett rullande fyramånaders medelvärde. Vidare kan inläckaget temporärt under byggtiden komma att bli högt beroende på byggtekniska utmaningar. Sådana inläckage kommer att vara av kortvarig art och några skador till följd av detta befaras inte ske. Av den anledningen anser SLL att det är motiverat att föreskriften utformas som ett riktvärde.

I domskälet står att läsa:

Mark- och miljödomstolen kommer sammantaget fram till att den ansökta verksamheten, med lämpligt utformade skyddsåtgärder och villkor om försiktighetsmått m.m., är tillåtlig. Tillstånd med angivna villkor m.m. ska därför meddelas. Frågan om vilka slutliga villkor som ska gälla för bortledning av grundvatten under drifttiden bör dock skjutas upp under en provotid.

Citybanan är ett annat exempel på ett projekt som fått inläckagevillkor som riktvärden för anläggningsskedet samt riktvärden och provotidsförordnande för driftskedet. Riktvärdena som återges i domen skall endast gälla fram tills att slutgiltiga villkor prövas efter provotidens slut. I domskälet för M 1659–07, M 2301–07 och M 4128–08 står följande:

De tekniska beskrivningarna i ansökan och kompletteringarna visar på en mycket komplicerad tunnelkonstruktion som i långa stycken mera liknar en berganläggning än en enkel tunnel. Kring spårtunnlarna kommer att finnas servicetunnel, räddningstunnel, brandventilationskanaler, arbetstunnlar och stationer i olika plan med nedgångar/uppgångar m.m. Vid bedömning av storleken på Banverkets föreslagna inläckagevillkor är miljödomstolen införstådd med att det vid bestämmandet av den tillgängliga vattenmängden finns osäkerheter p.g.a. den komplicerade anläggningen och berggrundens geohydrologiska förhållanden. Att mot den här bakgrunden utgå ifrån hur man i andra fall brukar bestämma inläckagevillkor vid tunneldrivning, liter per minut och 100 meter tunnel, framstår varken möjligt eller lämpligt.

6.3 Grundvattennivåer

Villkor som reglerar grundvattennivåer är vanligt förekommande i de undersökta tillståndsdomarna. För villkor gällande förändring av grundvattennivån har tre olika förhållningssätt identifierats för utformningen av dessa: 1) riktvärden i form av åtgärdsnivåer för skyddsobjekt, 2) riktvärde för tillåten förändring av grundvattennivån, och 3) begränsningsvärde för tillåten förändring av grundvattennivån. Med åtgärdsnivå menas här att nivåer inte specifikt anges i villkoret. Istället skall nivåer i form av åtgärdsnivåer redovisas till tillsynsmyndigheten och ingå i kontrollprogrammet för verksamheten. Förändring av grundvattennivån inkluderar inte de i tillståndet tillåtna avsänkningarna i schakter utan endast omgivningspåverkan.

I **Tabell 4** visas fördelningen av de tre förhållningssätten för de nio domar med villkor kopplade till förändring av grundvattennivån. Villkoren kan gälla för stora områden såsom hela påverkansområdet, avgränsade områden i direkt närhet till schakt eller för enskilda grundvattenrör. 5 av 9 tillstånd har villkor utformade som begränsningsvärde för förändring av grundvattennivån. 3 av 9 har villkor utformade som åtgärdsnivåer för skyddsobjekt och Hamnbanan har riktvärde för tillåten förändring av grundvattennivån.

Tabell 4. Sammanställning av villkor för avsänkning av grundvattennivån för de sju fallstudierna

Projekt	Åtgärdsnivå för risk	Riktvärde	Begränsningsvärde	Kommentar
Götatunneln			x	Större avsänkning än angiven tillåten avsänkning får dock förekomma undantagsvis.
Citytunneln			x	
Citybanan			x	
E4 Förbifart Stockholm			x	
Nya Slussen			x	
Tunnelbanan Akalla-Barkaby	x			
Västlänken	x			
Tunnelbanan Odenplan-Arenastaden	x			
Hamnbanan		x		
Antal	3	1	5	

6.3.1 Riktvärden i form av åtgärdsnivå

Västlänkens tillståndsdom är ett exempel på villkor för grundvattennivåer som har utformats som så kallade åtgärdsnivåer (M 638–16). Dessa åtgärdsnivåer skall enligt domslutet vara grundade på en riskbedömning för varje skyddsobjekt. Åtgärdsnivåerna fastställs inte i dom utan skall redovisas till tillsynsmyndighet minst tre månader innan arbete påbörjas som kan ha påverkan på skyddsobjekt. Valet av åtgärdsnivåer motiveras i domskälen enligt följande:

Föreslagen konstruktion med olika åtgärdsnivåer jämte övrig kontroll får anses lämplig för kontroll av påverkan på egendom samt för upptäckt/motverkande av skador. Åtgärdsnivåerna kan behöva ändras i takt med att nya erfarenheter vinnns och det är därför lämpligt att frågan om åtgärdsnivåer samt omfattningen av observationsrör, sättningsdubb m.m. hanteras inom kontrollprogrammets ram.

Åtgärdsnivåerna inkluderar två nivåer där risk för underskridande av nivå 1 ska medföra extra vaksamhet och för nivå 2 medföra att verksamhetsutövaren vidtar skyddsåtgärder såsom infiltration eller kompletterande tätning. Åtgärdsnivå 2 för undre magasin motsvarar lägsta nivån med återkomsttid 50 år. Åtgärdsnivå för övre magasin motsvarar 0,2 meter över trägrundläggningsnivå eller lägsta nivå med återkomsttid 50 år. Åtgärdsnivåerna är alltså inte begränsningsvärden och direkt straffsanktionerade utan skall ses som riktvärden för anläggningsskedet.

6.3.2 Riktvärde för tillåten förändring av grundvattennivån

Hamnbanans tillstånd (M 2186–17) villkoras med riktvärden för tillåten avsänkning av grundvattennivån på maximalt 1 meter under medelnivån för uppmätta värden under förskedets referensmätningar i mätpunkter inom 100 meter från schakt. Grundvattennivån nära schakt får också avsänkas till erforderlig nivå under kortare

perioder om detta är nödvändigt vid spontning. Hur domstolen motiverat utformningen av villkoren framgår inte av domskälen.

6.3.3 Begränsningsvärde för tillåten förändring av grundvattennivån

E4 Förbifart Stockholm är ett exempel på en verksamhet som fått villkor gällande grundvattennivåer utformade som begränsningsvärden både för byggskedet och för driftskedet (M 3346–11). Verksamheten har i sin ansökan redovisat så kallade villkorsområden där de yrkat om att få avsänka grundvattennivån till cirka 0,5 meter under schaktbotten. Domstolen ger tillstånd för avsänkningen men skriver i villkoren att för att undvika skada får verksamheten inte orsaka avsänkningar utanför angivna villkorsområden större än 0,3 meter i förhållande till tidigare års fluktuationer för byggskedet och inga avsänkningar i driftskedet. Verksamheten har också fått mer specifika villkor gällande grundvattennivån i ett grundvattenrör som är representativt för ett Natura 2000-område. I detta rör får inte Trafikverket orsaka påverkan på nivån i förhållande till tidigare års nivåfluktuationer. Om den angivna nivån är direkt kopplad till en skaderisk och/eller hur domstolen resonerat kring detta villkor framgår inte av domskälen.

6.4 Portryck

Västlänkens tillståndsdom är den enda av de elva fallstudierna där mätning av portryck i leran uttrycks som ett villkor (M 638–16). Precis som Västlänkens villkor gällande grundvattennivåer skall kontrollpunkterna för portrycksmätningarna vara knutna till identifierade skyddsobjekt. Dessa kontrollpunkter skall ingå i kontrollprogrammet och kontrollpunkterna ska redovisas till tillsynsmyndigheten senast 3 månader innan arbeten som riskerar att påverka grundvattennivåerna vid ett skyddsobjekt påbörjas. Några gränsvärden för portrycket uttrycks således inte i villkoret.

6.5 Marksättning

Citytunnelns tillståndsdom är den enda av de elva fallstudierna som har villkor för sättningar (M 81–02). Enligt villkoret skall Banverket utgöra anläggningarna för Citytunneln på sådant sätt att sättningarna för angivna skyddsobjekt inte överstiger givet värde. Villkoret är utformat både som riktvärde och ett gränsvärde där riktvärdet i regel är 5–10 mm lägre än gränsvärdet. Villkoret innehåller också en maximal tillåten sättningsgradient för skyddsobjekten. Dessa är också uttryckta som riktvärden och gränsvärden där riktvärdet är lägre än gränsvärdet.

6.6 Skadeverkan

Tillståndet för grundvattenbortledningen villkoras ofta av restriktioner för verksamheten att orsaka skada. I den översiktliga analysen hade 8 av 11 tillståndsdomar villkor för skadeverkan. Alla dessa villkor är utformade som att verksamhetsutövaren ska vidta nödvändiga åtgärder för att undvika eller minska risken för skada. Ett exempel på en tillståndsdom som har ett sådant villkor är Tunnelbanan Akalla – Barkaby (M

7039–15). I denna dom är skadevillkoret milt formulerat och kan tolkas som ett riktvärde:

SLL ska i syfte att undvika eller minska risken för skada på grund av grundvattenbortledningen infiltrera vatten i jord eller berg eller i övrigt vidta de åtgärder som erfordras för att uppnå detta syfte.

Ytterligare ett exempel är Förbifart Stockholm där skadevillkoret är striktare formulerat och kan tolkas som ett begränsningsvärde (M 3346–11):

Trafikverket ska i driftskedet vidta åtgärder för att förhindra att grundvattennivåerna påverkas på ett sådant sätt att skada uppkommer i omgivningen.

7 Arbetsseminarium

I detta kapitel redovisas en sammanställning av de erfarenheter, tankar och åsikter som expertgruppen uttryckte under arbetsseminariet. Först presenteras positiva och negativa aspekter av olika villkorskonstruktioner utifrån kategoriseringen inläckage, grundvattennivå, portryck, marksättning och skadeverkan. Efter detta redovisas diskussionerna kring tillämpningen av rimlighetsavvägningen. Därefter redovisas hur expertgruppen ser på framtidens villkor.

7.1 Konsekvenser av olika villkorsutformning

För- och nackdelarna samt övriga aspekter av olika villkorskonstruktioner presenteras i följande avsnitt. I löpande text presenteras sammanfattningar av konsekvensanalysen för de olika villkorstyperna. Sammanfattningarna utgår från innehållet i **Tabell 5-Tabell 7**.

Det finns flera fördelar med inläckagevillkor. Exempelvis ger inläckagevillkor incitament att täta tunneln och villkoren kan användas som ett verktyg för att underlätta kommunikationen med entreprenören. Nackdelarna är utmaningen att koppla en viss mängd inläckande vatten till en skaderisk. Inläckagevillkoren bidrar ofta till förseningar och kostnadsökningar. Expertgruppen betonar också att dessa kostnadsökningar riskerar att vara oproportionerligt stora i förhållande till nyttan som erhålls i form av minskad ekonomisk skaderisk.

Tabell 5. För- och nackdelar samt övriga aspekter av inläckagevillkor.

Fördelar	Nackdelar
Tydliga och enkla att kommunicera till entreprenörer.	Gruppen betonar just osäkerheterna i orsakssambandet mellan inläckage och skada då inläckagevillkoren inte alltid uppfyller ändamålet att motverka skada. Även om inläckagevillkoren uppfylls kan anläggningen orsaka sådan omgivningspåverkan att skada uppkommer. Det är svårt att kvantifiera vilken mängd inläckage som faktiskt orsakar skada.
Kan användas för att ”styra” entreprenören genom att ställa krav på att inläckagevillkoren uppfylls.	Kan bli mycket kostnadsdrivande då tätning är dyrt. Det finns en risk att kostnaden för tätning inte står i proportion till den faktiska skaderisken.
Direkt kopplade till verksamheten eftersom tätningen måste ske i tunneln. Detta bidrar till att villkoren är enklare att förstå för projektorganisationen.	Det är svårt att mäta inläckage under byggskedet.
Ger incitament att täta anläggningen. Det ger också incitament att satsa på en effektiv förinjektering vilken är nödvändig för en lyckad tätning.	Prövotidförordnande ger inte lika starka incitament att täta som begränsningsvärden. Det finns en risk att anläggningen under byggskedet inte tätas tillräckligt och att detta accepteras för driftskedet därför att det är svårare att täta i efterhand.
Ger kontroll tidigt i händelsekedjan vilket är positivt då det kan vara svårt att sätta in åtgärder efter att påverkan redan uppkommit.	
Inger större förståelse och trovärdighet för verksamheten hos allmänheten vilket bidrar till ökad acceptans för verksamheten och större förtroende för verksamhetsutövaren.	
Prövotidförordnande tar hänsyn till de osäkerheter som en undermarksanläggning alltid är associerade med. Prövotidförordnande innebär också att de faktiska förhållandena som avslöjas först när tunneln börjar byggas kan accepteras vilket innebär att de riskreducerande åtgärderna bättre kan anpassas efter verkligheten.	
I övrigt så betonas att inläckagevillkor är domstolens bästa möjlighet att begränsa anläggningen och inte bara påverkan från anläggningen. Detta då anläggningen i sig inte kräver ett tillstånd utan endast vattenverksamheten. Tillståndet ges ju också just för att leda bort vatten. Om inläckagevillkoren då skulle tas bort innebär det i princip att verksamhetsutövaren får leda bort obegränsad mängd vatten.	
Hur villkorstillägg (exempelvis längd på kontrollsträckor, hur inläckaget skall mätas etc.) utformas kan ha stor inverkan på framdriften av projektet samt hur tätningen genomförs.	

Att villkora påverkan på grundvattennivåer har flera fördelar, bland annat har grundvattenytans läge i hög grad en direkt påverkan på risken för skada. Det finns också negativa aspekter av att villkora grundvattennivån. Exempelvis kan det vara svårt att avgöra vilken verksamhet som bär ansvaret för påverkade grundvattennivåer om flera grundvattenbortledande verksamheter pågår i samma område. Eftersom villkor kopplade till tillåten påverkan på grundvattennivåer har en så bra koppling till den

faktiska risken för skada rekommenderas att denna typ av villkor används. Det är dock viktigt att poängtera att absoluta nivåer som inte tar hänsyn till naturliga variationer eller andra händelser som ligger utanför verksamhetsutövarens kontroll inte bör fastställas i dom då detta kan resultera i omotiverade villkorsbrott.

Tabell 6. För- och nackdelar samt övriga aspekter av grundvattennivåvillkor.

Fördelar	Nackdelar
Enkla att mäta.	Kan innebära att verksamhetsutövaren bär ansvar för grundvattennivåer även under driftskedet.
Lätta att kommunicera.	Om flera projekt pågår i samma område kan det vara svårt att avgöra vem som bär ansvaret för grundvattenpåverkan.
Starkare koppling till skada än inläckagevillkor.	Det finns en risk att entreprenören under mark inte tar ansvar för påverkan på grundvattennivåer.
En synpunkt som delades deltagarna var att villkor gällande absoluta grundvattennivåer inte ska fastställas i dom. Nivåvillkor måste vara flexibla och beakta naturliga variationer. Exempelvis kan en ovanligt torr sommar ge naturligt låga grundvattennivåer även utan påverkan från en undermarksanläggning. Istället bör nivåvillkor utformas utifrån skaderisken inom ramen för kontrollprogrammet i samråd med Länsstyrelsen.	

Villkor för porttryck och sättningar gavs inte lika mycket utrymme på seminariet så de få kommentarer för dessa redovisas i följande löpande text. För villkor kopplade till porttryck ansåg gruppen att detta endast borde ingå i kontrollprogrammet som ett komplement till grundvattennivåer. Gruppen ansåg att en fördel med villkor kopplade till sättningar var att de kopplar direkt till risken för skada. Nackdelarna med sättningsvillkor är sättningar tar lång tid på sig att utformas och att det kan vara försent med åtgärder när sättningen väl upptäcks.

Fördelarna med villkor kopplade till skadeverkan är att det är direkt kopplat till skaderisken. Generellt ansåg expertgruppen att villkor kopplade till skadeverkan var problematiska då grundvattenbortledning alltid riskerar att orsaka skada. Det är inte heller tydligt när en villkorsöverträdelse skett då det är svårt att avgöra om de vidtagna åtgärder för att minska risken för skada kan anses tillräckliga samt vad som definieras som skada.

Tabell 7 För- och nackdelar samt övriga aspekter av villkor mot skadeverkan.

Fördelar	Nackdelar
Reglerar bara faktiskt skada och inte verksamheten*	Reglerar bara faktiskt skada och inte verksamheten*
Direkt kopplat till risken för skada	Det är svårt att driva projekt om villkoren är formulerade som begränsningsvärden och förbjuder verksamheten att orsaka skada. Om flera projekt pågår i samma område kan det vara svårt att avgöra vem som bär ansvaret för skadan. Stället höga krav på processförståelse (koppling orsak-verkan) hos både projektorganisation och entreprenören. Svårt att kommunicera till entreprenörer Det är svårt att definiera skada. Det är svårt att definiera om tillräckliga åtgärder vidtagits för att förhindra skada
<p>Det går inte att lova att ingen skada ska ske och villkor borde därför aldrig utformas som ett förbud mot att orsaka skada. Det är viktigt att verksamhetsutövaren är tydlig i ansökningskedet om att verksamheten kan orsaka skada.</p>	
<p>* att skadevillkor endast reglerar skada och inte verksamheten uttrycktes som både en fördel och en nackdel av gruppen.</p>	

7.2 Tillämpning av rimlighetsavvägningen

I följande avsnitt redovisas en sammanfattning av diskussionerna kring tillämpning av rimlighetsavvägningen.

Gruppen ansåg att rimlighetsavvägningen tillämpas ibland men att det ofta är oklart vilket underlag som bedömningen grundas på. Rimlighetsavvägning görs för de förslag på villkorsutformning som verksamhetsutövaren lämnar in tillsammans med sin ansökan om tillstånd. Många i gruppen betonade också att rimlighetsavvägningen tillämpas vid diskussioner kring att minska inflödet i tunneln genom att klä in tunneln i betong eller vid diskussioner gällande om tråg ska tätas. Gruppen beskrev att rimlighetsavvägningen tillämpas ”översiktligt”, ”underförstått” och ”implicit” vid villkorutformning. Alla var dock överens om att det inte finns ett strukturerat sätt för hur rimlighetsavvägningen skall tillämpas eller hur materialet som ska utgöra grunden för avvägningen ska utformas.

Det framkom att många i gruppen ansåg att verksamhetsutövaren ofta försätter sig i en position där de måste acceptera strikta inläckagevillkor som riskerar att medföra kostnadsökningar och även förseningar för att få tillstånd för sin verksamhet och därmed lov att starta byggnationen av anläggningen. Ett försenat tillstånd kan precis som strikta villkor leda till stora kostnadsökningar. Detta bidrar till verksamhetsutövaren ofta accepterar orimliga villkor för att minska risken för att ansökan avslås. Det är viktigt att verksamhetsutövaren har underlag för att på ett sakligt sätt visa på effekterna av olika grad av strikthet i villkoren. Några uttrycker också att

det är väsentligt att verksamhetsutövaren har utrett effekterna av olika villkor innan ansökan för tillstånd skickas in.

Gruppen ansåg att en kostnads-nyttoanalys kan utgöra ett viktigt underlag för förhandlingarna om villkor och för tillämpningen av rimlighetsavvägningen. För att kostnads-nyttoanalysen ska vara trovärdig är det viktigt att så många aspekter som möjligt av åtgärders kostnader samt dess nyttor beaktas. Det finns också aspekter som inte går att uttrycka i monetära termer vilka också måste beaktas. Gruppen ansåg också att det är viktigt att en sådan kostnads-nyttoanalys tar hänsyn till de osäkerheter kring orsak-verkan som onekligen hör till ett undermarksprojekt.

Kostnads-nyttoanalys borde genomföras i ett projekts alla skeden. Den kan genomföras med olika konstellationer och detaljnivå för olika faser. Exempel på faser är lokaliseringsskedet, tillståndsskedet, projekteringsskedet samt byggskedet. Den borde utgöra en del av riskhanteringen och ständigt uppdateras när ny kunskap erhålls. På så vis kan analysen utgöra underlag för ett projekts alla skeden, från förslag av villkor i ansökan och förhandling av villkor i tillståndsprocessen till val av åtgärd vid byggskedet. Det föreslogs också att kostnads-nyttoanalysen ska utgöra en del av miljökonsekvensbeskrivningen.

7.3 Framtidens villkor

I följande avsnitt redovisas en sammanfattning av diskussionerna kring hur framtidens villkor ska utformas.

Gruppen betonade vikten av att villkoren utformas på ett sådant sätt att det finns en flexibilitet kring vilka åtgärder som kan sättas in för att undvika och motverka skada. Det ska också finnas en flexibilitet kring hur villkoren är utformade beroende av risken för skada.

Villkoren måste också utformas så att de tar hänsyn till de stora osäkerheter som finns kring de hydrogeologiska förhållandena. Villkoren bestäms i ett skede av projektet där osäkerheterna fortfarande är stora. Deltagarna uttryckte att det är orimligt att känna till bergets beskaffenhet vid ansökningstillfället för tillståndet och att detta måste beaktas när villkoren bestäms. Ett förslag för att hantera dessa osäkerheter var att adoptera observationsmetodens tankesätt. Vad observationsmetoden är och vad dess tankesätt kan innebära vid villkorsutformning diskuteras närmare i avsnitt 8.

Många i gruppen betonade också fördelen med att sköta regleringen av grundvattenbortledningen och dess påverkan genom kontrollprogrammet i samarbete med tillsynsmyndigheten istället för att regleringen fastställs i tillståndsdomen.

8 Slutsatser och rekommendationer

Det finns en stor variation i hur villkoren för grundvattenbortledning har utformats i de olika studerade projekten. De flesta projekt har dock gemensamt att de har villkor som kopplar till inläckage, grundvattennivåer och/eller skadeverkan. Hur strikta dessa villkor är, exempelvis om de är utformade som riktvärden eller begränsningsvärden, skiljer sig åt mellan projekten. Striktheten i ett villkor borde korrelera med risken för skadlig påverkan på omgivningen. Likväl motiveras i regel inte villkorens strikthet i domskälen. Det är därför svårt att dra några generella slutsatser kring varför även till synes likartade projekt får olika utformning på villkor.

Det är tydligt att konsekvenserna av villkorens utformning inte alltid utreds vilket orsakar kostnadsökningar och förseningar i undermarksprojekt. Ansvaret för att genomföra en rimlighetsavvägning är dock inte enbart domstolens utan verksamhetsutövaren har ansvaret att förse domstolen med ett relevant underlag som de kan fatta beslut utifrån. Det finns ingen tydlig struktur för hur beslutsunderlaget ska utformas men expertgruppen håller med om Naturvårdsverket rekommendationer att underlaget bör utgöras av en samhällsekonomisk analys som beaktar så många aspekter som möjligt av nödvändiga åtgärders kostnader och nyttor. Kostnads-nyttoanalysen bör inte utgöra ett beslut i sig utan den ska fungera som ett underlag från vilken beslut kan fattas.

Både mellan projekt och för olika områden inom ett projekt kan de hydrogeologiska förhållandena samt risknivån variera. Exempelvis är områden med sättningkänslig mark och kulturellt värdefulla byggnader mer känsliga för omgivningspåverkan än områden som inhyser få skyddsobjekt som är belägna på fast mark. Från analysen av olika tillståndsdomar är det tydligt att villkorens utformning kan variera mellan olika projekt. Variationen i villkorens utformning för olika delområden inom ett projekt är dock mycket mindre. Här finns det stor potential att minska konsekvenserna av villkorens utformning genom att anpassa villkoren för olika områden längst med tunnelsträckningen. Det kunde vara fördelaktigt att dela in påverkansområdet i olika delområden och kategorisera dessa utifrån dess skaderisk. Kategoriseringen bör baseras på de hydrogeologiska och geotekniska förhållandena samt känsligheten hos skyddsobjekten inom området. De olika riskmiljöerna skulle därefter kunna få olika utformade villkor kopplade till sig där graden av skaderisk bestämmer striktheten i villkoren.

Villkoren måste utformas så att de tar hänsyn till de stora osäkerheter som ett undermarksprojekt innebär. Det är också viktigt att verksamhetsutövaren är öppen med dessa osäkerheter och att domstolen premierar den ärligheten. Flera i expertgruppen lyfte observationsmetodens tankesätt som ett möjligt tillvägagångssätt för utformning av villkor som tar hänsyn till osäkerheter. Observationsmetoden introducerades först av Peck (1969). Eurokod 7 rekommenderar att metoden används vid byggnation av geokonstruktioner om osäkerheterna gällande markens egenskaper är stora (EN 1997-1). Metoden innebär att de mest troliga geologiska förhållandena identifieras samt bekräftas eller förkastas i takt med att ny kunskap vinnns. En preliminär design upprättas

baserat på de mest troliga förhållandena men åtgärdsalternativ för hantering av avvikelser i förhållandena som kan förutses eller förväntas ska vara redo att genomföras om förhållandena kräver det. En viktig del av observationsmetoden är att fastställa relevanta och observerbara kontrollparametrar vilka är representativa för de geologiska förhållandena (Holmberg & Stille, 2007). Det är data från dessa mätningar som utgör grunden för tolkningen av de geologiska förhållandena och därmed de olika designalternativen. Om utformningen av villkor ska baseras på observationsmetoden skulle det innebära att villkor sätts utifrån de mest troliga hydrogeologiska förhållandena men med en flexibilitet för avvikande förhållanden som kan förutses eller förväntas. Om ny kunskap om de hydrogeologiska förhållandena bekräftar den första prognosen av förhållandena förblir villkoren samma men om den nya kunskapen förkastar den första prognosen uppdateras villkoren utifrån de nya förutsättningarna.

Domskälens uttrycker i regel att inläckagevillkoren syftar till att motverka skadlig omgivningspåverkan från den grundvattenbortledande verksamheten. Enligt expertgruppen är dock inte alltid inläckagevillkoren ändamålsenliga i detta avseende. Inläckagevillkor riskerar att orsaka kostnadsökningar och förseningar i projekt samtidigt som de inte alltid är tillräckliga för att motverka skada. Inläckagevillkoren har dock andra viktiga funktioner utöver att motverka skada såsom att begränsa den tillståndspliktiga vattenverksamheten som grundvattenbortledningen utgör. Enligt en vägledande dom för Botniabanan från 2002 (M 9655–99), ska bortledning av grundvatten vid undermarksanläggningar villkoras med mängdbegränsningar. Domen inkluderar dock ingen konsekvensanalys gällande hur inläckagevillkor och dess utformning påverkar kostnaderna och framdriften av anläggningen. Om inläckagevillkor ska ingå i tillståndsdomen bör dessa utformas så att dess fördelar i form av incitament för tätning beaktas samtidigt som dess nackdelar i form av risk för orimliga kostnadsökningar och förseningar minskas. Detta görs bäst genom att utforma villkoren med en viss flexibilitet. Flexibiliteten bör stå i proportion till den grad av osäkerhet som finns gällande det hydrogeologiska systemet samt känsligheten hos eventuellt berörda skyddsobjekten. Detta görs bäst genom att utforma inläckagevillkoren som riktvärden för byggskedet och med prövotidsförordnande för driftskedet. En sådan villkorskonstruktion går väl i linje med de riktlinjer som framgår av miljöbalkens förarbeten (Prop. 1997/98:45 del 1, s.172) samt observationsmetodens tanke sätt. Riktvärdena för byggskedet bör utgå från de mest troliga hydrogeologiska förhållandena och dess strikthet bör vara en funktion av skaderisken inom påverkansområdet. I enlighet med observationsmetoden uppdateras den hydrogeologiska prognosen kontinuerligt under projektets framdrift. Prognosen utgör en del av kontrollprogrammet och följs därmed upp av tillsynsmyndigheten. När byggskedet avslutas och de hydrogeologiska förhållandena är kända beslutar domstolen om inläckagebegränsningar för driftskedet.

Eftersom villkor kopplade till tillåten påverkan på grundvattennivåer har en så bra koppling till den faktiska risken för skada rekommenderas att denna typ av villkor används. Det är dock viktigt att poängtera att absoluta nivåer inte borde fastställas i tillståndsdomen då detta medför att naturliga vädervariationer eller andra händelser som

ligger utanför verksamhetsutövarens kontroll kan leda till villkorsbrott. Klimatförändringar kan också leda till förändrade fluktuationsmönster (Rodhe m.fl., 2007) och eftersom villkoret för grundvattennivåer kan gälla för lång tid framåt är det viktigt att inte låsa fast absoluta nivåer som inte tar hänsyn till förändringar. Grundvattennivåer bör villkoras genom kontrollprogrammet i samråd med tillsynsmyndigheten eftersom nivåerna kan behöva revideras i takt med att nya erfarenheter vinnas. De nivåer som fastställs i kontrollprogrammet ska baseras på en bedömd risk för de grundvattenberoende skyddsobjekten. Grundvattennivåer bör hanteras som riktvärde.

Villkor som reglerar skadeverkan är problematiska om de utformas som begränsningsvärde. Viss negativ påverkan från stora undermarksanläggningar kan inte uteslutas och måste därför accepteras. Mot bakgrund av detta är det orimligt att förbjuda att verksamheten orsakar skada. Det är dock rimligt att reglera att verksamhetsutövaren ska genomföra åtgärder för att minska risken för skada. Detta måste dock vara formulerat som ett riktvärde eftersom det inte alltid är möjligt att genomföra åtgärder. Exempelvis är det svårt att täta en redan utsprängd tunnel. Det är inte heller alltid möjligt att infiltrera vatten genom infiltrationsanläggningar. Grundförstärkning av byggnader kan ofta genomföras men det är svårare att förebygga skada på exempelvis vägar och ledningar. Vilka åtgärder som ska genomföras borde därför inte regleras i villkoret utan istället redovisas i ett åtgärdsprogram. Uppföljningen av åtgärdsprogrammet utförs av tillsynsmyndigheten.

Nedan har de huvudsakliga slutsatserna utifrån arbetet med denna rapport sammanfattats i form av rekommendationer kring hur verksamhetsutövare och domstol kan tänka kring villkorsutformning:

- En transparent analys av olika villkors kostnader och nyttor som beaktar osäkerheter måste utgöra en del av tillståndsansökan för grundvattenbortledning för att möjliggöra domstolens tillämpning av rimlighetsavvägningen enligt 2 kap. 7§.
- Villkoren bör i större utsträckning ta hänsyn till den faktiska risken för skada hos skyddsobjekten inom de områden som riskerar att påverkas av grundvattenbortledningen. Detta innebär att villkorens utformning och därmed dess strikthet kan variera för olika delar av undermarksanläggningen samt för olika delpåverkansområden.
- De stora osäkerheterna som oundvikligen finns i skedet för tillståndsprocessen måste beaktas vid villkorutformningen. Osäkerheterna kan beaktas genom att villkoren utformas utifrån riktvärdeskonstruktionen vilken inkorporerar en flexibilitet för de förhållandena och förutsättningar som ännu inte är kända.
- Inläckagevillkor är ett viktigt verktyg för att reglera vattenverksamheten men de måste utformas med en viss flexibilitet för att undvika dyra tätningsåtgärder vars kostnad inte står i proportion till nyttan som erhålls i form av minskad skaderisk. Detta görs bäst genom en riktvärdeskonstruktion för byggskedet med provotidsförordnande för driftskedet.

- Avsänkning av grundvattennivån är fördelaktigt att villkora genom kontrollprogrammet i samråd med tillsynsmyndigheten då nivåerna kan behöva revideras i takt med att nya erfarenheter vinnas.
- Villkor som reglerar skadeverkan och åtgärdsstrategier för att motverka skada måste formuleras som riktvärde eftersom grundvattenbortledning alltid riskerar att orsaka skada och eftersom åtgärder för att motverka skada inte alltid är genomförbara.

Referenser

- 1997-1, E. (2004). *Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules*. Retrieved from https://www.ngm2016.com/uploads/2/1/7/9/21790806/eurocode_7_-_geotechnical_designen.1997.1.2004.pdf
- Andersson, P., & Sellner, A. (2000). *Tätning av bergtunnlar-förutsättningar, bedömningsgrunder och strategi vid planering och utformning av tätningsinsatser*. Retrieved from https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10421/RelatedFiles/2000_101_tatning_av_bergtunnlar.pdf
- Attanayake, P. M., & Waterman, M. K. (2006). Identifying environmental impacts of underground construction. *Hydrogeology Journal*, 14(7), 1160-1170.
- Aven, T. (2012). *Foundations of risk analysis*: John Wiley & Sons.
- Boone, S. J. (1996). Ground-movement-related building damage. *Journal of geotechnical engineering*, 122(11), 886-896.
- Burbey, T. J. (2002). The influence of faults in basin-fill deposits on land subsidence, Las Vegas Valley, Nevada, USA. *Hydrogeology Journal*, 10(5), 525-538.
- Cashman, P. M., & Preece, M. (2001). *Groundwater lowering in construction: A practical guide*: CRC Press.
- Gustafson, G. (2009). *Hydrogeologi för bergbyggare*: Forskningsrådet Formas.
- Heimeryd, O. (2014). *Formulering av begränsningsvärden: Bör en riktvärdeskonstruktion återinföras?* (Examensarbete), Uppsala Universitet, Uppsala.
- Hernández-Espriú, A., Reyna-Gutiérrez, J. A., Sánchez-León, E., Cabral-Cano, E., Carrera-Hernández, J., Martínez-Santos, P., . . . Colombo, D. (2014). The DRASTIC-Sg model: an extension to the DRASTIC approach for mapping groundwater vulnerability in aquifers subject to differential land subsidence, with application to Mexico City. *Hydrogeology Journal*, 22(6), 1469-1485.
- Holmberg, M., & Stille, H. (2007). Observationsmetodens grunder och dess tillämpning på design av konstruktioner i berg. *SveBeFo Rapport*, 80.
- Huggenberger, P., Epting, J., Affolter, A., Butscher, C., Fäh, D., Gechter, D., . . . Zidane, A. (2011). Urban Geology: Process-Oriented Concepts for Adaptive and Integrated Resource Management. In P. Huggenberger & J. Epting (Eds.), (pp. 95-191). Basel: Springer Basel.
- Kadefors, A., & Bröchner, J. (2008). Observationsmetoden i bergbyggande: Kontrakt och samverkan. *SveBeFo Rapport K*, 28.
- Lewis, J., Sjöström, J., Höök, M., & Sundström, B. (2013). The Swedish model for groundwater policy: legal foundations, decision-making and practical application. *Hydrogeology Journal*, 21(4), 751-760. doi:10.1007/s10040-013-0966-3
- Lindskoug, N.-E., & Nilsson, L.-Y. (1974). *Grundvatten och byggande*. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/78626653.pdf>
- Lundman, P. (2011). *Cost management for underground infrastructure projects: A case study on cost increase and its causes*.
- Michanek, G., & Zetterberg, C. (2012). *Den svenska miljörätten*: Iustus förlag.
- Naturvårdsverket. (2008). *Vattenverksamhet, Handbok för tillämpning av 11 kapitlet i miljöbalken* (978-91-620-0157-5). Retrieved from <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-0157-5.pdf>
- Nordzell, H., Scharin, H., & Söderqvist, T. (2017). Att göra rimlighetsavvägningen enligt 2 kap. § 7 miljöbalken. In: Rapport.

- Peck, R. B. (1969). Advantages and limitations of the observational method in applied soil mechanics. *Geotechnique*, 19(2), 171-187.
- Persson, J. (2007). *Hydrogeological Methods in Geotechnical Engineering: Applied to settlements caused by underground construction*. (Doctoral Thesis), Chalmers University of Technology, Gothenburg. (2665)
- Rodhe, A., Lindström, G., & Dahné, J. (2007). Grundvattennivåer i ett förändrat klimat. *Sveriges geologiska undersökning, slutrapport, FoU-projekt*.
- Stille, H. (2015). *Rock grouting: theories and applications*: Befo, Rock Engineering Research Foundation.
- Sundell, J. (2018). *Risk assessment of groundwater drawdown in subsidence sensitive areas*. (Doctoral thesis), Chalmers University of Technology, Gothenburg.
- Sundell, J., Rosén, L., Norberg, T., Wladis, D., & Alén, C. (2015). *A Framework for Risk Assessment of Groundwater Drawdown Induced Subsidence*. Paper presented at the International Symposium on Geotechnical Safety and Risk (ISGSR2015), Rotterdam, the Netherlands.
- Söderqvist, T., Jirvell, G., Malmaeus, M., Roseman, E., Tegeback, A., Gotting, J., . . . Lundmark, L. (2015). Hur tillämpas miljöbalkens rimlighetsavvägning. In: Rapport.
- Trafikverket. (2018). *Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1*. Retrieved from https://www.trafikverket.se/contentassets/4b1c1005597d47bda386d81dd3444b24/asek-6.1/asek_6_1_hela_rapporten_180412.pdf
- Vatovec, M., & Kelley, P. L. (2007). Biodegradation of Untreated Wood Foundation Piles In Existing Buildings. *STRUCTURE*, 54.
- Werner, K., Onkenhout, J., & Löf, Å. (2012). Effekter på grund- och vattenförhållanden vid grundvattenbortledning från berganläggningar steg 1- Förstudie.
- Wladis, D., & Rosén, L. (2018). *Riskhantering för att undvika driftstörningar i byggskedet i stora infrastrukturprojekt i urban miljö*. Department of Architecture and Civil Engineering, Chalmers University of Technology. Gothenburg, Sweden.
- Zetterlund, M., Norberg, T., Ericsson, L. O., & Rosén, L. (2011). Framework for value of information analysis in rock mass characterization for grouting purposes. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(7), 486-497.

Appendix 1

Frågor som utgjort underlaget för diskussionerna under arbetsseminariet.

1. Vilka för- och nackdelar finns det med olika villkorskonstruktioner?
2. Hur väl uppfyller de syftet att begränsa skada?
3. Vilka för- och nackdelar finns det med kombinerade villkor? Kan kombinerade villkor komplettera varandra eller motverka varandra?
4. Har ni några exempel på konsekvenser som uppstått till följd av olika villkorskonstruktioner?
5. Vilka hinder finns för att endast ha skadebegränsande villkor?
6. Tillämpas 2 kap. 7§ miljöbalken vid tillståndsförhandlingar för grundvattenbortledning? Om ja, hur då?
7. Hur kan Kostnads-nyttanalyser användas som beslutsunderlag för domstolen vid rimlighetsavvägningen? Vilka andra aspekter är viktiga att inkludera i ett sådant underlag?
8. När bör KNA göras? I vilket/vilka skeden?
9. Kan skada vara tillåtet? Finns det en gräns för hur mycket en åtgärd får kosta i proportion till den erhållna nyttan?
10. Vad vill ni att vårt projekt ska resultera i?
11. Hur bör framtidens villkor utformas?
12. Hur ska risken för skada hanteras när olika projekt/olika verksamhetsutövare verkar inom samma område?



CHALMERS