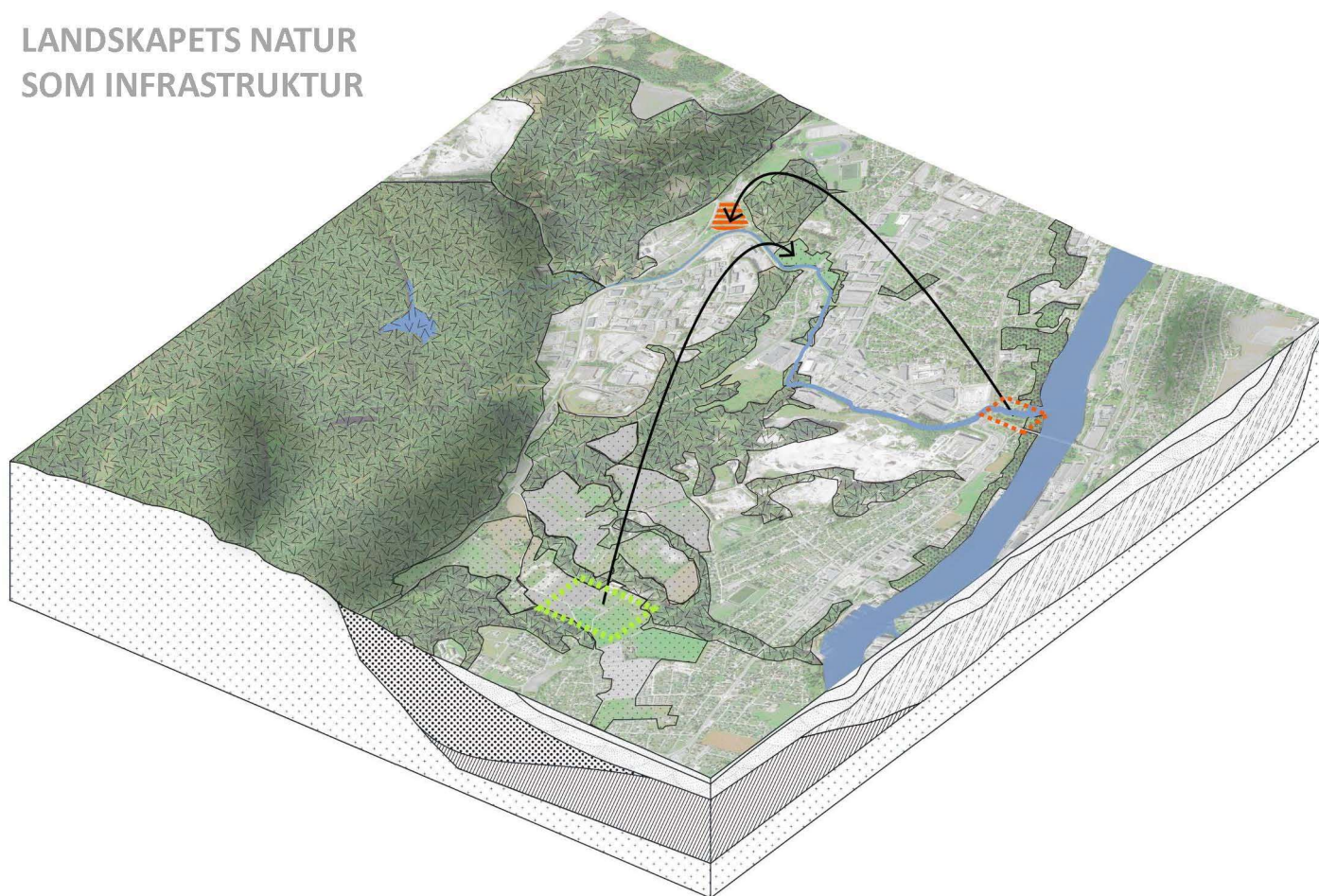


LANDSKAPETS NATUR
SOM INFRASTRUKTUR



Fra deponi til landskap i et klimaperspektiv

vannhåndtering for å hindre spredning av
gamle miljøsynder.

M-1405 | 2019



SKIEN KOMMUNE

Fra deponi til landskap i et klimaperspektiv**Oppdragsledelse:** Skien Kommune: Ingrid Ohna, Unni Husby Melby**Konsulent:** NGI, Works on land, AHO, alt.arkitektur**Medarbeidere:** Amy Oen, Gudny Okkenhaug, Elisabeth Sjødahl, Celia Martinez Hidalgo, Marja Skotheim Folde

Revisjon	0	1	2	
Dato		18.12.2019		
Utarbeidet av	AO, ES, CMH, MSF	MSF, AO, ES		
Kontrollert av	IO	UM		

Forord

Denne rapporten er blitt til for å løse en del-problemstilling i et sammensatt prosjekt; Kjørbekk - fra rør til landskap

Resultatet skal kunne brukes i videre arbeid med Kjørbekk, og som en hjelp til andre kommuner som står ovenfor samme problemstillinger som i Skien

Rapporten er støttet av Miljødirektoratet og har ikke kunnet blitt til uten dialogen og interessen for prosjektet som er vist fra både Fylkesmannen i Telemark og Miljødirektoratet.

Arbeidet inngår som en del av planarbeid og forprosjektering for bekkeåpningen «Kjørbekk, fra rør til landskap» ledet av Skien kommune i samarbeid med et tverrfaglig team bestående av Multiconsult, Works On Land og UNI Research så man fort utfordringen med bekkeåpning og klimatilpasningstiltak når det er gamle deponi til stede.

Slike deponi som på Kjørbekk i Skien finnes det mange av i Norge, og er et potensielt problem for mange bekkeåpningsprosjekter.

Denne typen situasjoner består av flere problemstillinger

- Klimaendringer gjør deponi sårbare for mer vanninntrenging og dermed større fare for spredning
- Kostnaden ved å fjerne massene gjør at prosjekter som kunne forbedret en miljøtilstand ikke kan gjennomføres
- Behovet for klimatilpasningstiltak og grønne tiltak kan potensielt forverre tilstanden og gi mer vanngjennomstrømming i forurenset grunn

Prosjektet er støttet av Miljødirektoratet, prosjekteier er Miljøvernsjef i Skien Kommune og medvirkende i kommunen er Vann- og avløpsetaten sammen med Byutvikling og Planavdelingen.

NGI og Institutt for urbanisme og landskap på AHO har bidratt med betydelig innsats som ledd i egen forskning.

Innholdsfortegnelse

Forord	3
1. Innledning.....	6
1.1 Problemstilling: Vann og deponi - hvordan hindre spredning av forurensing i et klima i endring?.....	6
1.2 Rapportens oppbygning og avgrensing.....	7
1.3 Klima og klimaprognoser	7
1.4 Effekt av klimaendringer på gamle forurensede områder	7
2. Fra deponi til landskap, internasjonale og nasjonale erfaringer.....	8
2.1 Eksempelsamling: internasjonale erfaringer.....	9
2.1.1 El Garraf Avfallsdeponi, Barcelona, Spania.	9
2.1.3 Bens Avfallsdeponi, La Coruña, Spania.....	11
2.1.3 Fresh Kills Avfallsdeponi, New York, USA.	14
2.2 Eksempelsamling, nasjonale erfaringer:	16
2.2.1 Rommen Avfallsdeponi, Norge.....	16
2.2.2 Grønmo Avfallsdeponi, Norge.....	22
2.2.3 Vinstra Avfallsdeponi.....	28
3. Vurderinger for å hindre spredning under tiltak	30
3.1. ROS-analysen for å kartlegge uønskede hendelser	30
3.2. Forurensningstilstand, grunnforhold og spredning	31
3.3. Eksisterende regelverk knyttet til utgraving og flytting av masser.....	31
3.4. Karakterisering av gravemasser for vurdering av disponeringsalternativer.....	32
3.5 Bruk av andre overskuddsmasser for å redusere spredning	34
3.6 Tiltak for å hindre eller redusere spredning.....	35
3.6.1 Tiltak for reduksjon av spredning via vann.....	35
3.6.2 Tiltak for reduksjon av partikkelspredning.....	36
3.6.3 Tiltak for reduksjon av gassdannelse/gassdiffusjon.....	36
3.6.4 Tiltak for å redusere/fjerne kilden til forurensning.....	37
3.7 Landskapet som infrastruktur, fra deponi til landskap, strategier	37
4. Casebeskrivelse Kjørbekk	38
4.1 Bakgrunn problemstilling	39
4.2 Kjørbekk den historiske utviklingen	40
4.3 Deponiene på Kjørbekk	42
4.3.1 Volumer og kostnadsestimat.....	45
4.4 Kjørbekks utfordringer	48
4.5 Hydrologi.....	53
4.6 Vassdrag og nedbørfelt	53
4.7 Forslag til tiltak i Kjørbekk: redeponering innenfor tiltaksområdet	57
5. Oppsummering og konklusjon.....	61
5.1 Muligheter ved å bruke landskap som aktiv infrastruktur for å løse tekniske problemstillinger i et klimaperspektiv	61

5.2 Vurderinger som har stor overføringsverdi til andre kommuner i Norge med lignende problemstillinger	69
5.2.1 Kartlegging.....	69
5.2.2 Planlegging	69
5.2.3 Overordnet arbeidsprosess for planlegging håndtering av overvann.....	70
5.2.4 Tiltaksområde.....	72
5.2.5 Key line-prinsippene for å modifisere vannets vei	74
5.2.6 Planlegging av hele nedbørsfeltet	77
6. Oppsummering	79
A. Tiltak for å redusere løselighet.....	79
B. Tiltak for å redusere vanngjennomstrømning	79
C. Tiltak for reduksjon av partikkelspredning.....	80
D. Tiltak for reduksjon av gassdannelse/gassdiffusjon	81
E. Tiltak for å redusere/fjerne kilden til forurensning	82
F. Rensing av sivevann	83
G. Forsinking, fordrøyning og reduksjon av vannmengder	84
H. Prosess	84
7. Referanser	86

1. Innledning

Klimaet er i endring og økt nedbør medfører behov for klimatilpasningstiltak for å unngå skader på omgivelsene. Mange bekker i byer og tettsteder er lagt i rør under bakken, og flere av disse eldre bekkelukkingene og kulvertene er ikke dimensjonert for økt mengde og hyppighet av nedbør og kan være utfordrende å vedlikeholde. Gjenåpning av bekker er et klimatilpasningstiltak som kan løse kapasitetsproblemer ved kraftige nedbørshendelser. En bekkeåpning kan legge til rette for åpne flomveier og i tillegg kan det tilrettelegges for økt infiltrasjon og fordrøyning av overvann. I møte med eldre deponier og forurensede masser er bekkeåpninger som klimatilpasningstiltak en potensiell trussel for økt spredning av forurensing. Denne rapporten tar opp problemstillinger og mulige løsninger for vannhåndtering som klimatilpasningstiltak rundt og i eldre deponier.

Arbeidet med denne rapporten er et resultat av Skien kommune sitt møte med problemstillinger knyttet til vannhåndtering i et område med eldre deponier. En eldre bekkelukking i en dyp kulvert med for dårlig kapasitet til å ta unna økte mengder vann, har presset frem behovet for å finne tiltak for vannhåndtering. Det ble raskt klart at tiltak for å forbedre kulverten ville medføre store kostnader relatert til frakting av masser til godkjent deponi, ettersom kulverten lå dypt og i et område hvor store arealer er forurensede masser. Samtidig utgjør kostnadene knyttet til å la være å gjøre tiltak en stor risiko økonomisk i form av forsikringsansvar ved vannskader, men også miljømessig ettersom risikoen for kontakt mellom vann og forurensede masser øker. En kulvert som ikke fungerer i møte med flom kan skape store materielle og miljømessige skader som vil ha store kostnader for kommunen knyttet til seg. En bekkeåpning ble vurdert som et godt tiltak for å avlaste og gradvis utfase den gamle kulverten, men behovet for en ny bekkeåpning i et område med forurensede masser i Kjørbekk presset frem et paradoks. En ny nødvendig blågrønn struktur kan komme til å påvirke eldre deponier negativt og i verste fall føre til spredning av forurensing. Det ble nødvendig å se nærmere på hvordan en kan utvikle strategier for håndtering av eldre deponier, på en effektiv måte i et klima i endring, for å sikre at forurensede masser håndteres miljømessig forsvarlig. Med støtte fra Miljødirektoratet ble det derfor iverksatt et arbeid for å se på hvilke aktuelle muligheter og viktige vurderinger en må ta for å gjennomføre vannhåndtering som klimatilpasningstiltak i områder med eldre deponier.

1.1 Problemstilling: Vann og deponi - hvordan hindre spredning av forurensing i et klima i endring?

Forprosjektet for Kjørbekk har sett på løsninger for å håndtere forurensede deponimasser ved økt nedbør og klimaendringer med landskapsoppbygging. Målet med denne rapporten er å gjøre en faglig analyse av mulige tiltak for å håndtere forurensede masser i et større bekkeåpningsprosjekt. Det er viktig at de grønne løsningene for klimatilpasning sammen med økt nedbør ikke forårsaker en forverret miljøtilstand, ved økt inntrenging av overvann i deponimassene. Derfor skal dette forprosjektet vurdere relevant forskning og erfaringsgrunnlag for hvordan tiltak for vannhåndtering i deponimasser kan gjennomføres på en sikker måte. For å svare ut problemstillingen har målet vært å:

Vurdere løsninger for å håndtere forurensede masser ved økt nedbør og klimaendringer ved landskapsoppbygging, hvor landskapet vil kunne ha en aktiv funksjon med å isolere og hindre spredning av forurensing, samt sikre en god vannkvalitet for grunnvann og vassdrag.

Rapporten sammenstiller eksisterende forskning, samler relevante erfaringer fra nasjonale og internasjonale prosjekter og ser på gjeldene lovverk, for å belyse utfordringene relatert til bekkeåpningsprosjekter i områder med forurensede masser og ser på prosjektet på Kjørbekk i Skien spesielt.

1.2 Rapportens oppbygning og avgrensing

Rapporten er utformet på en slik måte at den skal fungere som en veileder for andre kommuner med lignende problemstillinger. Internasjonale og nasjonale case studier er analysert for å kunne gi et godt erfaringsgrunnlag for hvilken type tiltak som kan være relevant. Dagens regelverk for håndtering av deponier er presentert sammen med en diskusjon av hva som er muligheter og begrensninger for tiltak innenfor dagens regelverk.

Denne rapporten komplementerer således dagens overvannsstrategier med casestudier som kan demonstrere mulige klimatilpasningstiltak i områder med gamle deponier og forurensset grunn.

Hvilke tiltak som er mulig har ofte å gjøre med den spesifikke konteksten og områdets forutsetninger, derfor har det vært nødvendig å kunne belyse viktige prinsipper gjennom case studier. Rapporten har et spesielt fokus på Kjørbekk som er bakgrunnen for problemstillingen, mens de andre casene vil belyse mulige tiltak og løsninger mer relevante for problemstillingen står ovenfor i Kjørbekk.

En viktig avgrensing av denne rapporten er at den fokuserer på risikoen for spredning av miljøgifter i vann og sigevann fra gamle forurensinger. Videre ser den på landskapstiltak for å hindre og isolere spredning av forurensing. Når det gjelder gamle forurensinger og utfyllinger er både geotekniske forhold og utvikling av gass viktige problemstillinger som må også vurderes, men disse er ikke beskrevet her. Vurderingene og lovverk gjennomgått i denne rapporten gjelder for gammel forurensing og ikke krav i henhold til det avfallsforskriften.

1.3 Klima og klimaprognoser

Klimaprognoser for fylkene som diskuterer områder som er spesielt berørt av klimaendringer og potensiell risiko og fungerer som korte klimarelaterte utfordringer for alle fylkene i landet. Kjørbekk er et område som er spesielt berørt fordi det er en bekk og en flomveg som må håndtere økning av nedbør som følge av klimaendringene. Dette er direkte motstridende til hensynene som bør tas for forurensede masser i nedlagte deponi.

I september 2015 ble den oppdaterte utgaven av rapporten "Klima i Norge 2100" utgitt (Hanssen-Bauer m.fl., 2015). Denne rapporten er utarbeidet for å gi et vitenskapelig grunnlag for klimatilpasning i Norge, og rapporten omfatter både atmosfæreklima, hydrologi, permafrost, skred og havklima.

Klimaprofilene gir et kortfattet sammendrag av dagens klima, forventede klimaendringer og klimautfordringer og er et nyttig utgangspunkt for kommuner i deres vurderinger av effekt av klimaendringer på områder med eldre forurensede masser.

1.4 Effekt av klimaendringer på gamle forurensede områder

Bekkeåpninger er et klimatilpasningstiltak som kommuner benytter for å redusere oversvømmelser og flom. Før igangsettelse er det imidlertid viktig å gjennomføre flere vurderinger rundt risikoen for at inngrep kan gi økt forurensning fra gamle fyllinger. Det er dessverre slik at når bekkene ble lagt i rør under ulike faser av byutviklingen, ble terrenget ofte fylt igjen med søppel og ukjente masser.

Flere steder i Norge finner vi nedlagte fyllinger og deponier i bynære områder som kan bestå av inert, ordinært eller farlig avfall. I økende grad vil et endret klima føre til kontakt mellom nedlagte deponi og vann gjennom økt hyppighet og mengde nedbør og større belastning på eksisterende flomveier.

Dette øker risikoen for spredning av forurensset sigevann fra nedlagte deponier og annen forurensset grunn (Hønsi, 2017). Det øker samtidig risikoen for remobilisering av deponimasser som følger av

erosjon i flomveger. Forurensset grunn og gamle deponier kan være en utfordring for å nå mål iht. vannrammedirektivet om god kjemisk tilstand innen 2021. Nye blågrønne løsninger for klimatilpasning må derfor utføres på en måte som ikke forårsaker en forverret miljøtilstand ved økt inntrenging av overvann i deponimassene, eller bidrar til økt produksjon av forurensset sigevann. I denne sammenheng er det relevant å se på hvordan en kan utvikle strategier for håndtering av gamle deponier på en effektiv måte i et klima i endring. I denne rapporten er hovedfokuset på strategier for overvannshåndtering i eldre deponier, mens Kjørbekk brukes som et spesifikt case for å illustrere bruken av vurderingene som er studert i de ulike eksemplene i denne rapporten.

2. Fra deponi til landskap, internasjonale og nasjonale erfaringer

I dette prosjektet har vi analysert relevante internasjonale og nasjonale case studier av eldre deponier som har vært i konflikt med vann eller andre strukturer for å forstå hvordan vi kan bruke landskapet for å hindre spredning av forurensing. Casene er valgt etter relevans for rapportens problemstillinger. Målet har vært å samle erfaringer om hvordan forskjellige utfordringer har blitt problematisert og løst, og forstå hvilke strategier og tiltak en har valgt.

Etter å ha studert bakgrunnen og identifisert spesifikke utfordringer i hver case studie, har vi fokusert på hvordan landskapet kan bli brukt som infrastruktur og verktøy for å håndtere problemstillingen, hvordan vann kan administreres og ledes, og hvordan landskapsmodellering kan tilby strategier og hjelpemiddel for å løse problemstillingene som oppstår som følge av klimaendringene. Landskapet er i de eksemplene som er studert brukt aktivt for å lede og administrere, isolere forurensing og generelt formulerer strategier for å håndtere de problemstillingene som oppstår som følge av overvannshåndtering og forurensset grunn i et klimaperspektiv.

Intervjuer

I prosjektet har vi intervjuet aktører i feltet med kunnskap og erfaring av tiltak i norske deponiprosjekter. Intervjuene belyser relevante erfaringer for hvordan en kan gjennomføre tiltak som berører deponimasser på en sikker måte, samt hvordan inerte masser og lett forurensede masser kan håndteres innenfor tiltaksområdet. Målet med intervjuene er å samle den aktuelle erfaringsbaserte kunnskap som finnes i praksis, samt å få innsikt i hva effektene av de ulike tiltakene har vært over tid.

Case eksempler

I hvert av casene presenteres først bakgrunnen for tiltak: før- situasjonen og årsaken til tiltak (byvekst, overvannshåndtering, infrastruktur tiltak etc.). Deretter beskrives strategier for overvannshåndtering, type deponi og analyse av spredning. Hvor har massene blitt håndtert og sortert? Intervjuene er gjennomført for å få oversikt over hva erfaringene av tiltakene har vært over tid. Hvordan har plassen som har blitt brukt til deponi blitt benyttet over tid?

2.1 Eksempelsamling: internasjonale erfaringer

I denne seksjonen presenteres internasjonale prosjekter før vi i seksjon 2.2 presenterer relevante norske prosjekter.

2.1.1 El Garraf Avfallsdeponi, Barcelona, Spania.

Bakgrunn

Det restaurerte landskapet av El Garraf-deponiet er del av en større nasjonalpark i nærheten av Barcelona. Tiltaket binder sammen og danner en korridor mellom Llobregat-elvedeltaet og Garraf, ved at deponilandskapet er gjort om til et terrassert nyttelandskap og en forlengelse av nasjonalparken som befolkningen kan besøke. Prosjektet er delvis finansiert av norske midler.

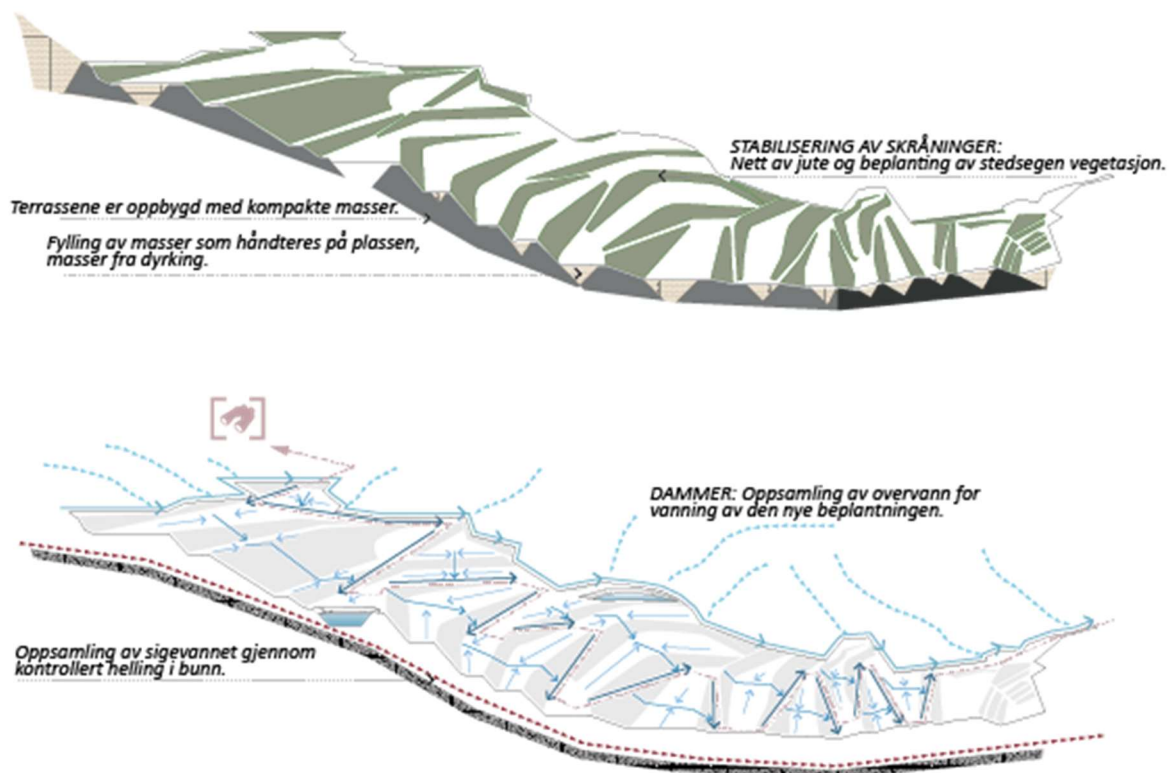
Strategier

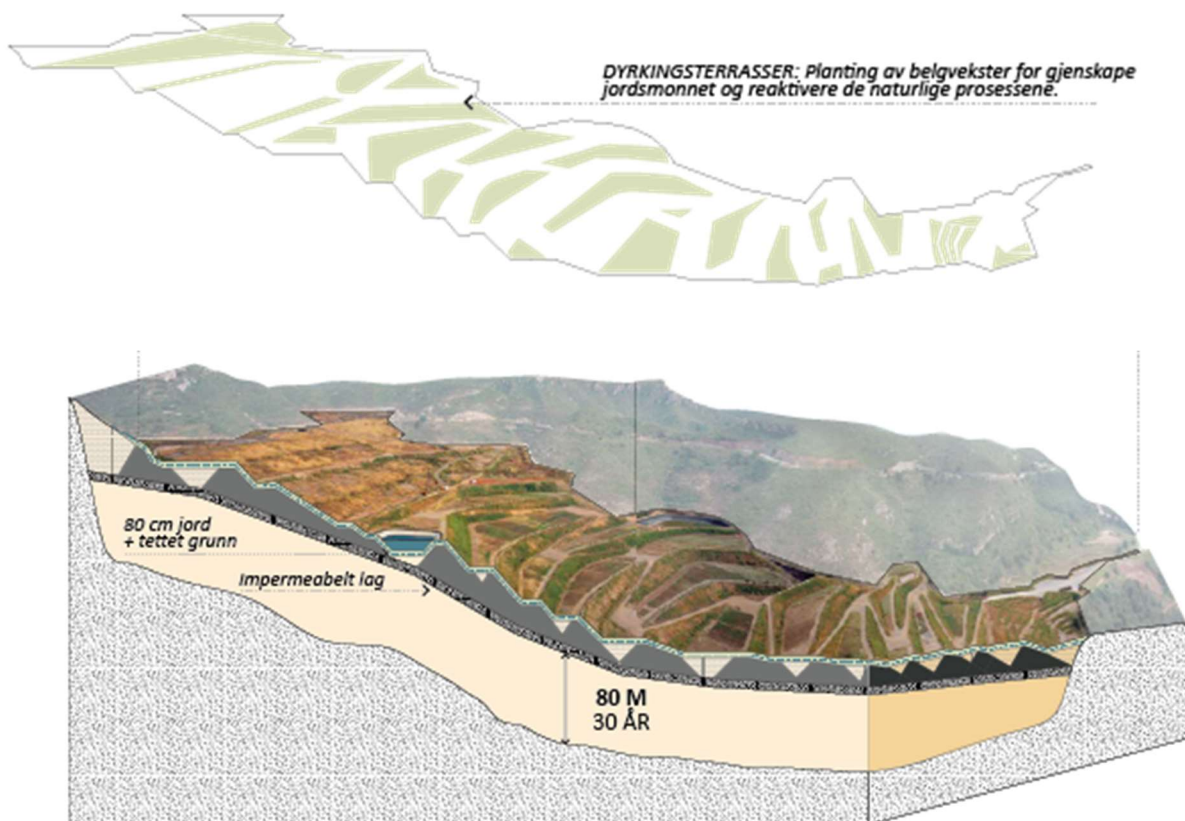
Hovedstrategien i dette case studiet har vært å bygge opp et teknisk landskap som kan integrere alle de ulike aspektene som er nødvendig for å transformere deponiet til et landskap integrert i de økologiske og hydrologiske systemene i nasjonalparken.

Strategien går ut på å stabilisere massene, lede og separere vannet. Landskapet isolerer forurensning, tilfører adkomstveier, leder deponigassene og etablerer jordbruksområder.

Regenereringen av deponiområdet og transformasjonen til et jordbrukslandskap, baserer seg på tre elementer: landskapsmodellering, vannsystem og vegetasjon.

i. Landskapsmodellering: Analyse av: Garraf Topografi som terrassesystem.





Figur 1-4 Landskapsstrategier for Garraf, Barcelona. Illustrasjoner Worksonland/ Celia Martinez

ii. Vannsystemer

Terrassene faller slakt Og følger fallet i dalføret. Et system av åpne grøfter som løper parallelt med adkomstveien samler vannet fra terrassene og leder det til de omkringliggende kanalene som omringer deponiet.

Disse kanalene har flere funksjoner:

- Samle vannet fra utenfor deponiet og forhindrer det i å trenge inn i deponimassene.
- Samleregnvann fra det forseglede deponiet gjennom de kryssende, åpne grøftene.
- Lede vannet til reservetanker plassert på enden av deponiet, hvor vannet blir oppbevart til det skal brukes til vanning av grøntområdene

Modelleringen av topografien separerer på denne måten rent vann fra forurenset vann. Det rene overvannet blir forhindret i å infiltrere inn i deponimassene, og minimerer slik volumet på sigevannet som trenger å bli rensset.

Et system fanger opp sigevannet og leder det til kontrollbassenget og renseanlegget.

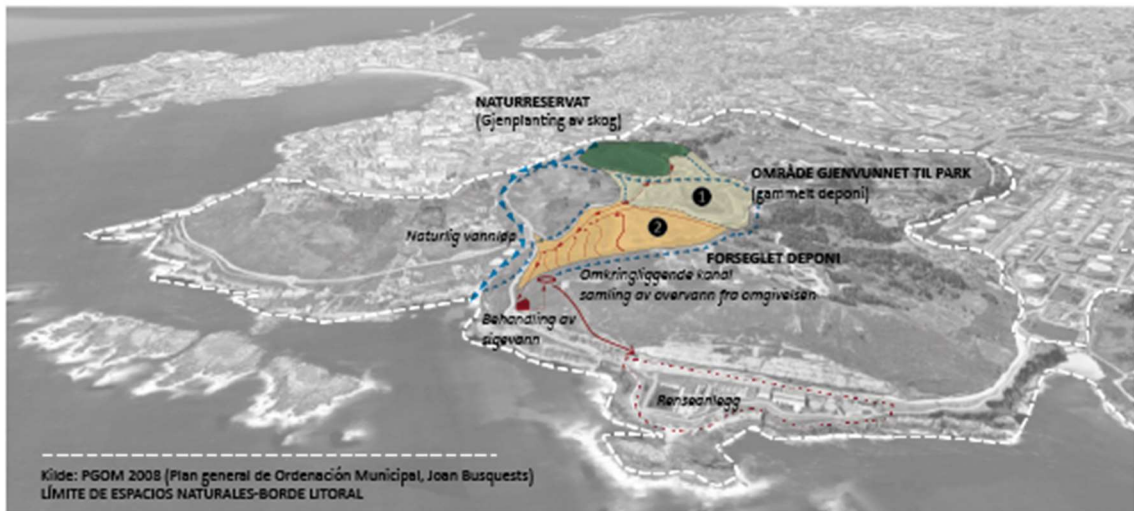
iii. Vegetasjon: Jordbruksteknikker som strategi for å sette i gang naturlige prosesser.

For å reaktivere de naturlige prosessene i området, startet man med ulike typer vegetasjonsdyrking. Belgvekster ble plantet på de horisontale flatene i jordbruksterrassene, mens lokale arter av busker ble brukt til å beskytte skråningene.

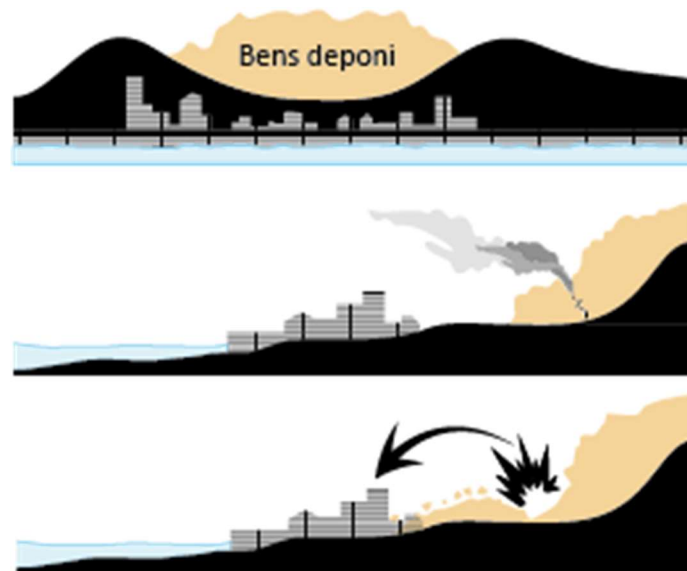
2.1.3 Bens Avfallsdeponi, La Coruña, Spania.

Bakgrunn

Avslutnings- og transformeringsprosjektet til deponiet Bens i La Coruña, Spania, begynte etter en ulykke som inntraff i 1996 hvor deler av deponimassene raste ut og havnet i Portiño-havnen. Prosjektet tok fem år å gjennomføre.



Figur 2 Oversikt over deponiet Bens, med sone 1 og sone 2 markert. Sone 1 er nyetablert landskap hvor massene fra deponi flyttes til og sone 2 området de forurensede massene flyttes fra ved hjelp av teknikken «landfill mining». Illustrasjon Worksonland/ Celia Martinez Hidalgo

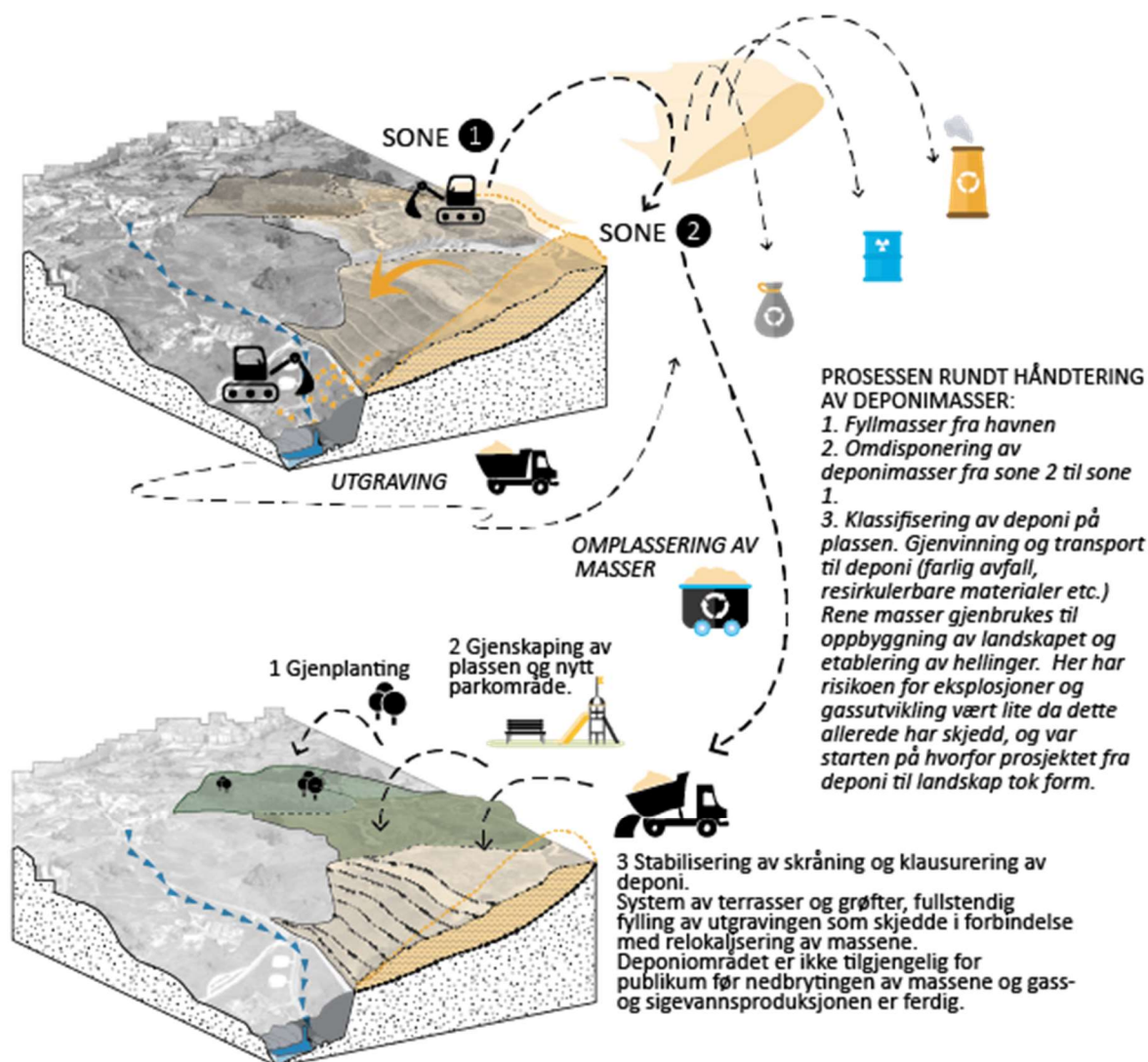


Figur 3 Deler av deponiet raste i 1996 ut og havnet i havnen i Portiño. Illustrasjon Worksonland/ Celia Martinez Hidalgo

Strategier

Landskapsmodelleringen gikk ut på å dele området i to, hvor hver av delene hadde en egen fremgangsmåte for hvordan stabilisere deponiet, hvordan løse vannsystemer og hvordan forberede det for fremtidig bruk.

i. Landscape moving: Etter inndeling av prosjektområde i to soner er deponiet fjernet fra det ene området og redeponert i det andre.

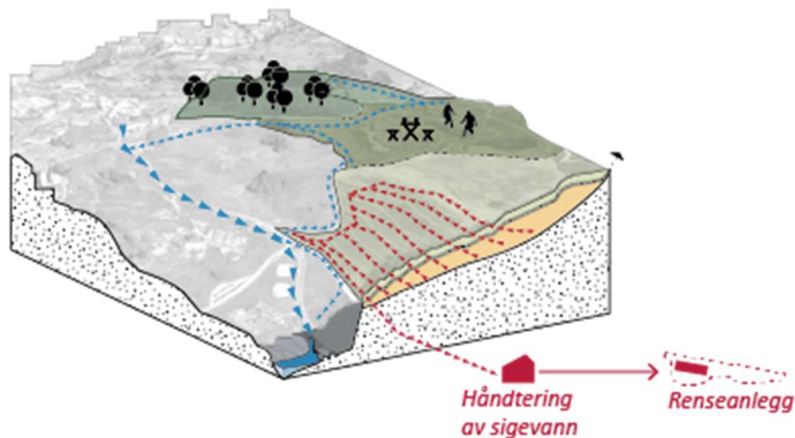


Figur 4 Illustrasjon Worksonland/ Celia Martinez Hidalgo

Område 1: Den øverste delen av deponiet har slakere helninger og bedre utsikt til det omkringliggende landskapet. Her benytter man metoden landfill mining/landfill moving, ved å grave opp avfallsmasser og ta det med til et nærliggende renseanlegg for separasjon og behandling, hvorfra deler blir flyttet, re-deponert og stabilisert i område 2. Det restituerte område 1 blir så transformert til en offentlig park.

Område 2: Med massene fra område 1 blir område 2 strukturert på nytt, og med et system av terrasser og skråninger blir massene lukket og stabilisert.

ii. Vannsystemer: Separasjon av rent overvann fra forurenset sigevann.



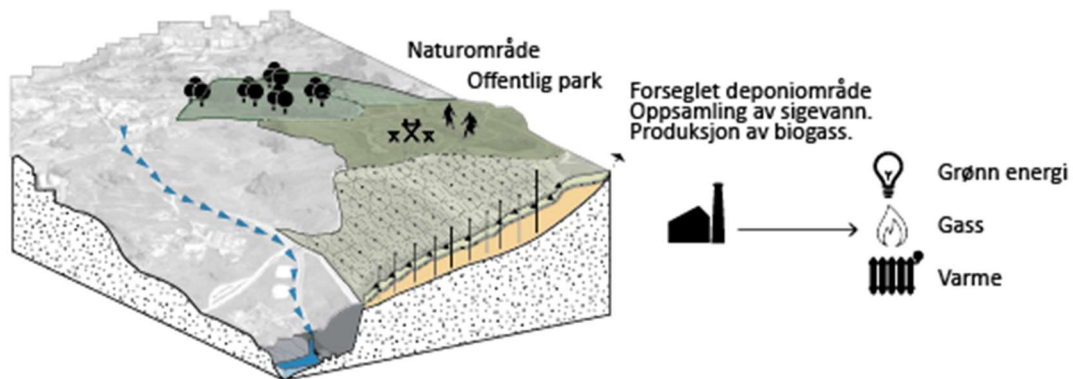
Figur 5 Illustrasjon Worksonland/ Celia Martinez Hidalgo

Hovedfokus i prosjektet var å separere rent vann fra forurenset vann, unngå infiltrasjon av rent overvann til deponimassene og minimere mengden med sigevann som trenger å bli renset.

Overvann i område 1 samles i en grøft som ligger langs utkanten av deponiet. Fra grøften blir vannet ført til en eksisterende bekk som leder til havet.

Forurenset vann fra område 2, samt vann fra område 1 med mulig forurensing, blir transportert gjennom et system av grøfter på bakkenivå og gjennom et undergrunnsnett av sigevann. Det forurensede vannet renner ut i et basseng, før det ledes videre til et renseanlegg for rensing.

iii. Bruk: De to ulike områdene blir brukt som offentlig park og et avgrenset område.



Figur 6 Illustrasjon Worksonland/ Celia Martinez Hidalgo

Sone 1 blir transformert til et offentlig område. Etter å ha gravd ut og sortert deponimassene, blir området omgjort til en urban park som er tilgjengelig for alle etter at prosjektet er avsluttet.

Sone 2 blir et lukket område med begrenset bruk. Dette området kommer ikke til å være tilgjengelig for offentligheten før produksjonen av deponigass og sigevann er ferdig.

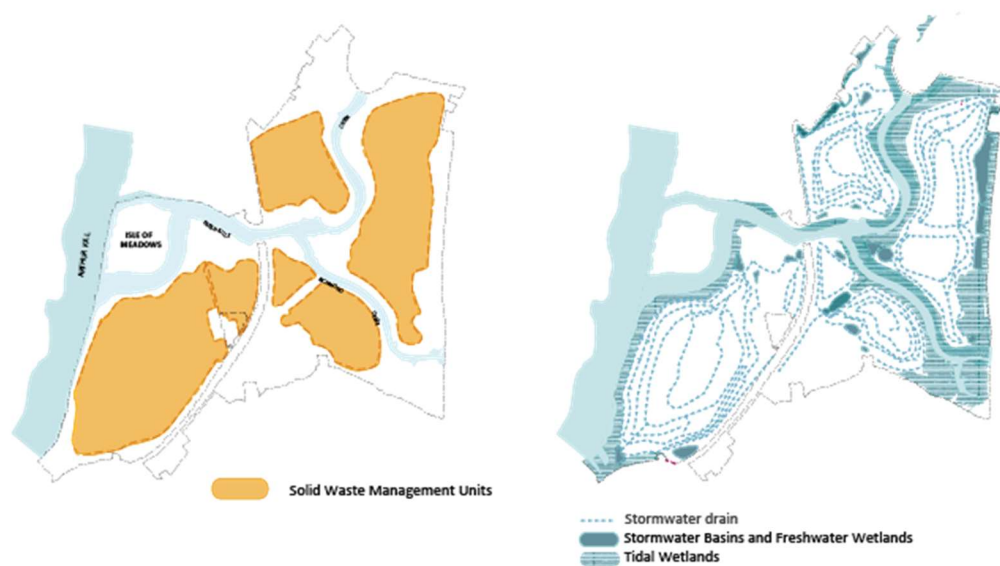
2.1.3 Fresh Kills Avfallsdeponi, New York, USA.

Bakgrunn

Fresh Kills, som befinner seg på vestsiden av Staten Island, New York, USA, var verdens største deponiområde. Det var aktiv fra 1948 frem til 2002, før det endelig ble lagt ned og prosessen med å gjenopprette og transformere området til en offentlig park ble startet.

Av det totale arealet til området, omtrent 9300 daa., er ca. 45% tidligere deponiområder. I disse fire haugene med lukkede avfallsmasser ble det tatt hånd om de tekniske aspektene rundt kontroll av sigevann, overvann, mulig forurensing av grunnvannet og utslipp av gass.

De resterende 55% består av meanderende bekker, myrr, våtmark, gressletter, eng og skog. Deponiet ødela mye av de tidligere markene og det originale, rike økosystemet i området. Prosjektet reetablerer funksjonene i det opprinnelige rike økosystemet på området. I tillegg har landskapet blitt tilført nye funksjoner som isolering av forurensede masser og et nytt bynært naturområde.



Figur 7 Illustrasjon Worksonland/ Celia Martinez Hidalgo

Strategi

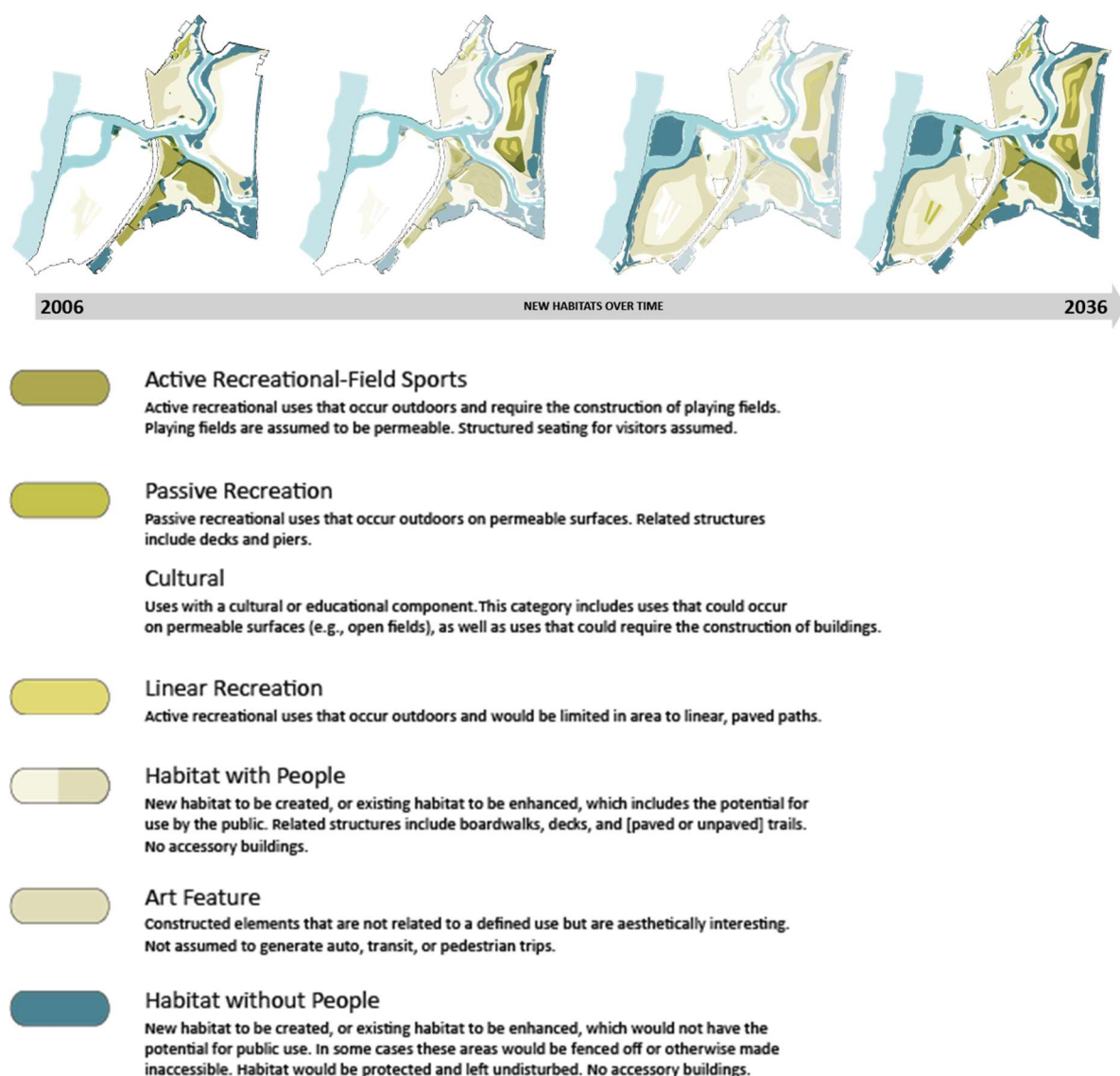
i. Transformasjonsprosess: Fra deponi til landskap.

Et prosjekt av denne størrelsen gir mange utfordringer: tekniske, landskapsmessige, men også politiske, finansielle og tidsmessige. Prosjektet har måttet balansere mellom ønsket om å ferdigstille lukkingen av deponiet og den suksessive åpningen av nye områder for offentligheten.

Kompleksiteten i prosjektet gjør at transformasjonen fra deponi til park vil ta minst 30 år, gjennom tre 10-års perioder:

Fra utgangspunktet som var et lukket område uten offentlig tilgang, ble det første tiltaket å restaurere våtmarkene, engene og skogene. Deretter gikk den neste fasen ut på å etablere tilgjengelige områder for offentligheten, med grøntområder for rekreasjon, et nettverk av veier, idretts- og parkområder. Man benyttet seg av den imponerende utsikten som høyden gir over Manhattan. Denne første fasen er svært viktig; området tilbød aktiviteter til de besøkende for å sette fokus på mulighetene og problemstillingene i området for å generere nye offentlige og private investeringer i området. Til sammen klarte man samle sammen mer enn 100 millioner dollar på denne måten.

I de påfølgende fasene blir nye forbindelser laget. Restauranter åpner i området, kulturelle og pedagogiske fasiliteter, og urbane jordbruksområder blir etablert. Etter 30 år vil området være totaltransformert til en bærekraftig offentlig park.



Figur 8 Illustrasjon som viser endrings prosessen over 30 år. Illustrasjon: Celia Martinez Hidalgo. (Kilde: Fresh Kills Park, Project Description, 2008).

2. 2 Eksempelsamling, nasjonale erfaringer:

2.2.1 Rommen Avfallsdeponi, Norge.

Informasjon om det nedlagte deponi i Rommen, Oslo fra: Intervju med Stein Sidselrud, Ingvild Gjellesvik Sande 25.10.2018

Rommen deponi:

Siden 2006 er Eiendoms- og byfornyelsesetaten (EBY) Oslo kommune, ansvarlige for området.

Start bekkeåpnings prosjekt 2013

Oslo kommunes hoved-deponi mellom: 1959-69

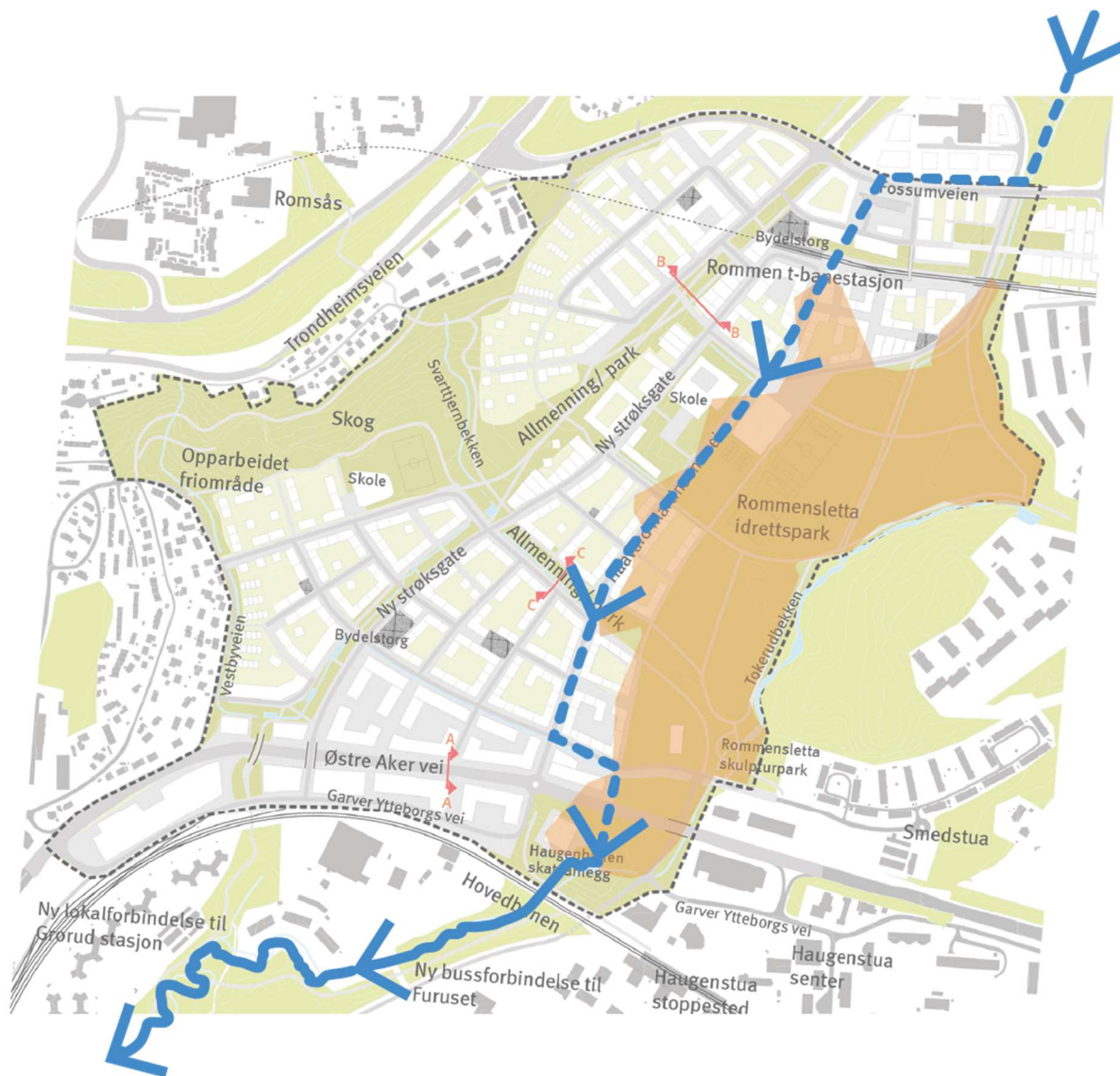
Bakgrunn

Rommen, i Nedre Rommen, Oslo, har vært et deponiområde for forbruks- og produksjonsavfall fra Oslo kommune fra 1959 til 1969. Her finnes det omtrent 2 millioner m³ avfall, som har hevet terrenget opp til 18 m enkelte steder.

Tidligere var området en dal, med Tokerudbekken liggende hvor Rommensletta Idrettspark befinner seg i dag. Bekken renner til Alnaelva før den når Oslofjorden. Bekken ble lagt i rør da deponiaktivitetene begynte.

En transformasjonsprosess har begynt på området. I kommunedelplan for Alna Miljøpark er det foreslått å åpne og forbedre Alnaelva, samt hovedsidevassdragene og Tokerudbekken med dem, for å definere en sterkere identitet for hele området og øke attraktiviteten til Groruddalen.

Nedre Rommen, hvor Rommen avfallsdeponi ligger, er del av denne transformasjonen. Industri- og logistikkområdet har potensial for å bli utviklet, og nye utfordringer oppstår i forbindelse med det tidligere deponiområdet. Industri som er bygget i området opplever allerede konsekvensene fra det bevegelige landskapet, i form av setninger og deponigasser.



Figur 9 Eksisterende bekker og vannsystemer i og rundt Rommen deponi. Illustrasjon Worksonland/ Elisabeth Sjødahl



Figur 10 Tokerubekken løper åpent i området i retning Grorud. Slik det ser ut i dag er bekken er lite tilgjengelig, men lover potensial. Foto: Elisabeth Sjødahl

Strategi

i. Avskjærende grøfter.

Den overordnede strategien går ut på å etablere avskjærende grøfter som vil forhindre at rent vann fra utsiden trenger inn i deponiområdet. Dette skjer både vest for området, langs Haavard Martinsens vei, og øst for området, for å forhindre at vann renner ned fra det platået som ligger ovenfor.

Ved mye overvannsinfiltrasjon i deponiet øker vannstanden og mengden sigevann som må renes. Om vannstanden øker, stanser gassproduksjonen. I dag pumpes sigevannet ut fra tre pumpestasjoner.

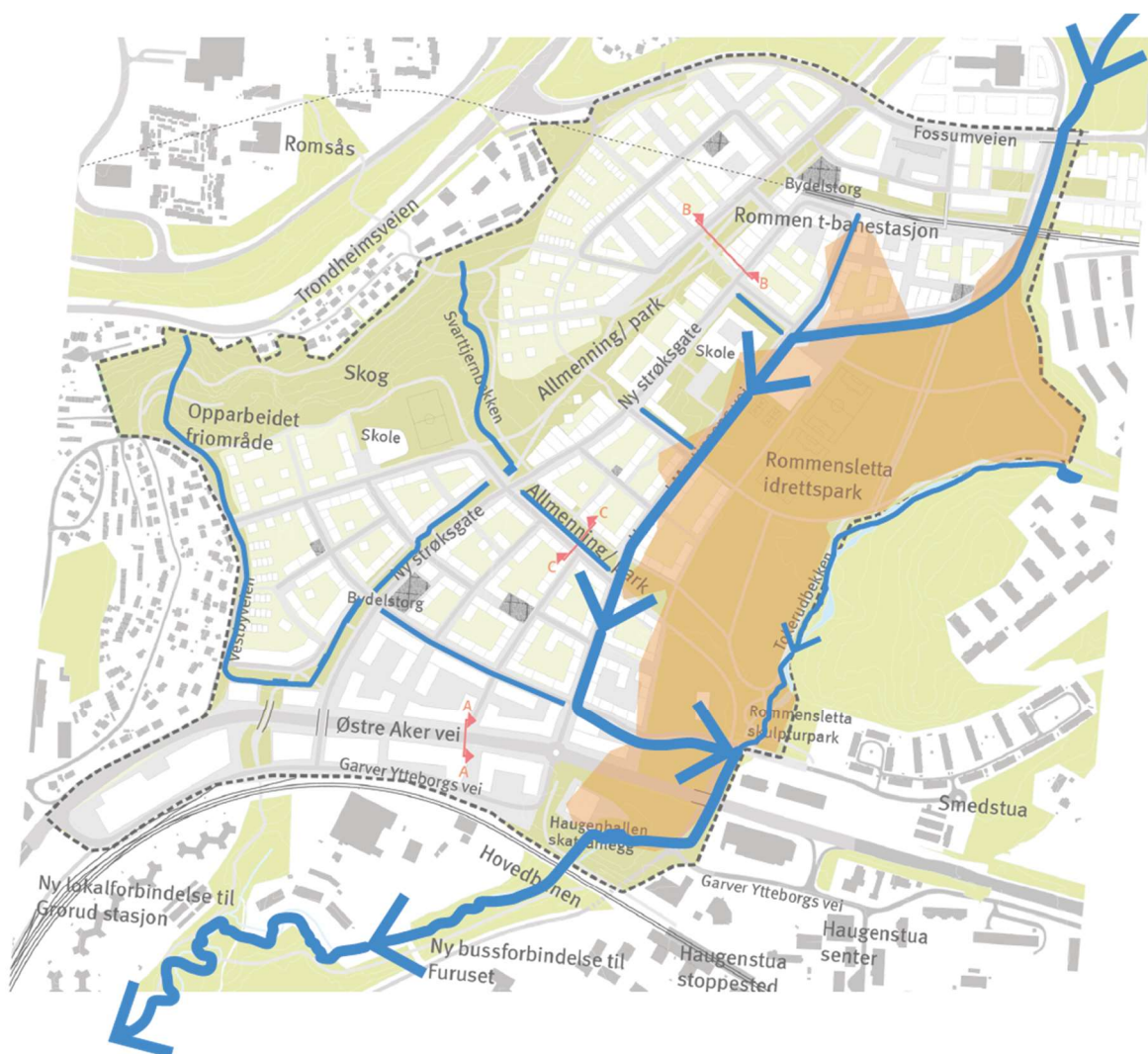
ii. Gjenåpning av Tokerudbekken.

Tokerudbekken ble lagt i rør og dalbunnen fylt med deponimasser. Bekken renner i dag i kulvert i bunn av deponiet. Kommunen ønsker å åpne opp Tokerudbekken, men dagens situasjon gjør det vanskelig å legge bekken rundt deponiet på østre siden pga. topografien i området. Den vestre delen er under utbygging og arealene er under stort press. Planprogram for Nedre Rommen viser ulike strategier og prinsipptraseer for gjenåpningen av bekken, hvor det har blitt evaluert å enten legge traseen over eller rundt deponiet.

DET SKAL IKKE TILFØRES OVERVANN TIL ELLER INFILTRERES OVERVANN I OMRÅDET OMFATTET AV HENSYNSSONE FOR DEPONI DA DETTE KAN FØRE TIL FORURENSING FRA DET NEDLAGTE DEPONIET. VANN I DETTE OMRÅDET SKAL SOM HOVEDPRINSIPP SAMLES OPP OG FØRES VEKK FRA HENSYNSSONEN.

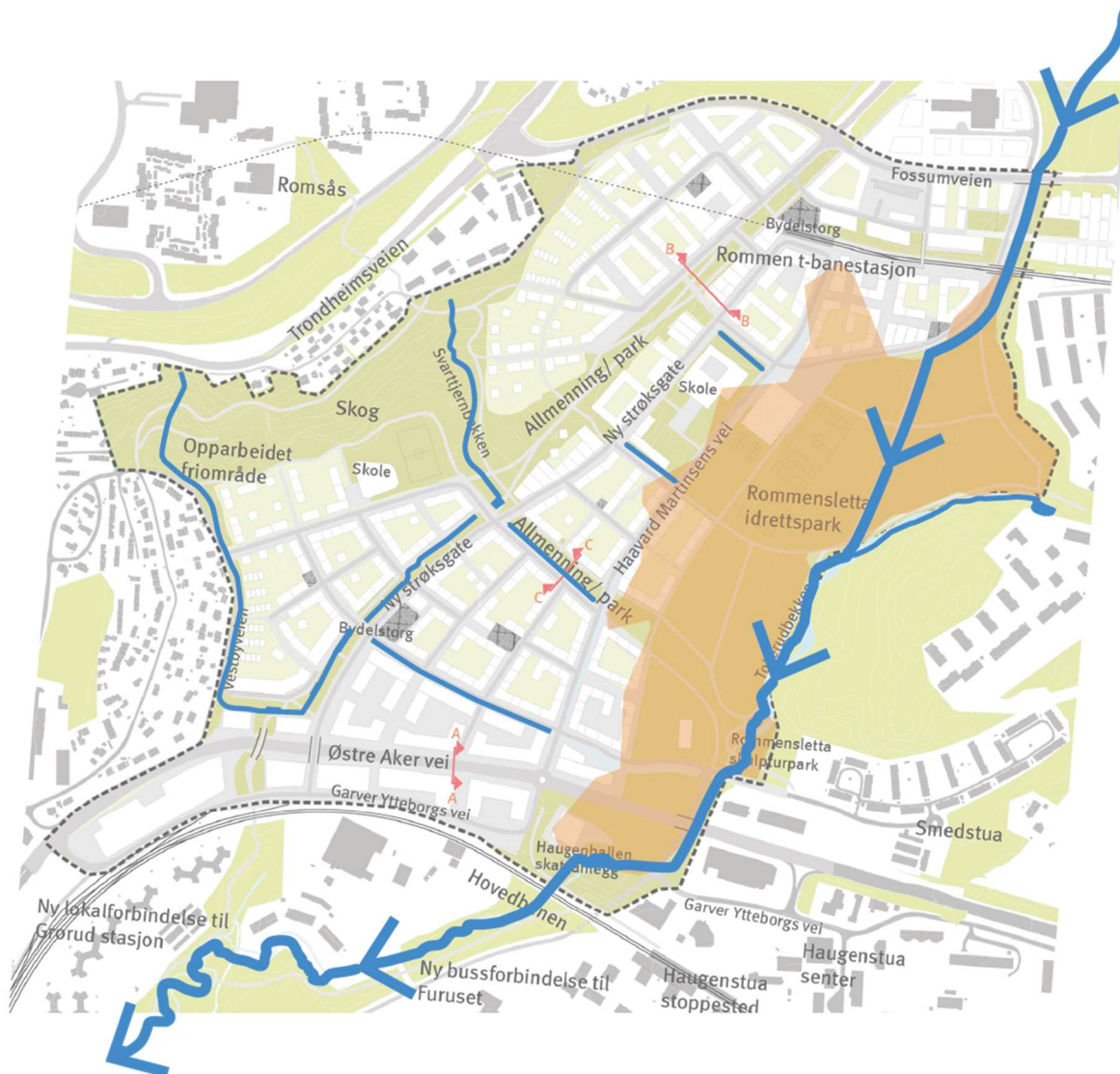
- UTKLIPP FRA PLANPROGRAM FOR NEDRE ROMMEN

Kartet under viser en mulighet for gjenåpning av Tokerudbekken. Vannet blir ført i en kanal langs utkanten av deponiet, før det kobles på den eksisterende bekken i sør. Bekken er tenkt som et urbant vassdrag (i stil med Hovinbekken i Gladengveien, Ensjø).



Figur 11 Eksisterende bekker og forslag til åpning av bekk og vannførende grøfter i Rommen. Kartet viser hvordan vannet blir ført i en kanal langs utkanten av deponiet, før det igjen kobles på den eksisterende bekken i sør. Illustrasjon Worksonland/ Elisabeth Sjødahl

Kartet under viser en annen mulighet, hvor bekken krysser rett over deponiområdet med en membran som skal hindre at vann fra bekken trenger ned i deponiet. Bekken kobles på en åpen vannførende grøft i sørøst. Dette forslaget blir ikke støttet av NVE fordi som man skal se senere i dokumentet har denne løsningen flere problemstillinger knyttet til seg som det er krevende å kunne gi en sikker løsning som holder seg tett over tid, og er avhengig av tilstrekkelig vedlikehold.



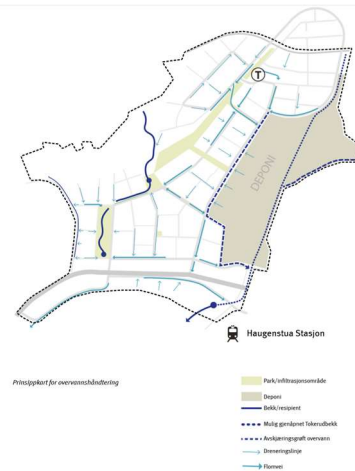
Figur 12 Eksisterende bekker og forslag til åpning av bekk og vannførende grøfter i Rommen. Kartet viser her hvordan bekken krysser rett over deponiområdet og kobles på en åpen vannførende grøft i sørøst. Dette forslaget blir ikke støttet av NVE. Illustrasjon Worksonland/ Elisabeth Sjødahl

Ifølge S. Sidselrud i EBY, Oslo kommune er det mest sannsynlige alternativet at bekken ledes ved siden av deponiet. «Det er store utfordringer med å benytte membran for å dra vann over deponi i åpne grøfter, da den ustabile og varierte komposisjonen til deponiet skaper grunnforhold som gir til setninger. Erfaringer fra å bruke membran viser at det etter fem år ikke lenger er tett, siden setningene skaper strekninger og brudd i materialet». Dette innebærer at membran ikke bare er kostbart å anlegge, men det er en risiko knyttet til bruken av det, og det er kostbart å vedlikeholde.

iii. Etterbruk.

Rommens gamle deponiområde er tilgjengelig og i dag gjenbrukes arealene til idretts endemål så som cricket, fotball etc. Det er utfordringer knyttet til å få helt flat grunn til idrettsanlegg, da setninger fra deponiet skaper forsenkninger i terrenget.

Byvekst gjør at det er interesse for gjenbruk av området.



Figur 13 Mulighetsstudie for Rommen, alt.arkitektur på vegne av plan- og bygningsetaten. Fra Planprogram Nedre Rommen, Oslo PBE.
Illustrasjon: alt. arkitektur

Figur 14 Prinsippkart for overvannshåndtering på Nedre Rommen med hensyn til deponi, Planprogram for Nedre Rommen, Oslo PBE.
Illustrasjon Oslo PBE

2.2.2 Grønmo Avfallsdeponi, Norge.

Bakgrunn

Informasjon om deponiet på Grønmo, Oslo, fra intervju med: Tarje Tobiassen som jobber i renovasjonsetaten i Oslo kommune, Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) og kartlag.

Kilde: fra Oslo kommune: Grønmo deponiavslutning.

Grønmo var Oslo kommunes hoved deponi for avfall fra 1969 til 2007.

Avslutningen av deponiet, gjør at nye funksjoner planlegges og en reguleringsplan for området har blitt utarbeidet.

«Klimagevinsten fra deponigassanlegget med planlagte tiltak antas å bli ca. 31 000 tonn CO₂-ekvivalenter/år. Dette tilsvarer ca. 2,2 prosent av de totale klimagassutslippene for Oslo kommune».

Til sammen er det deponert over 4,3 mill. tonn avfall –husholdningsavfall og næringsavfall- på Grønmo, tilsvarende anslagsvis 7 mill. kubikkmeter.

Grønmo deponi ligger i Søndre Nordstrand og har vært Oslo bys hoveddeponi fra 1969 til det ble lagt ned i 2007. Før deponiet kom var området en dal. Raumyrbekken rant i bunnen av dalen, men ble lagt i rør i 1972.

Fire delområder har suksessivt blitt fylt opp med avfall:

1. Kullebunnmyr var aktivt fra 1969-78, og er i dag en golfbane
2. Sørlimosen var aktivt fra 1978-90, og er i dag et komposteringsanlegg og gjenbruksstasjon
3. Felt A var aktivt fra 1991-2000
4. Felt B var aktivt fra 2001-2007

Til sammen har mer enn 4,3 millioner tonn av urbant og industrielt restavfall blitt deponert i her.

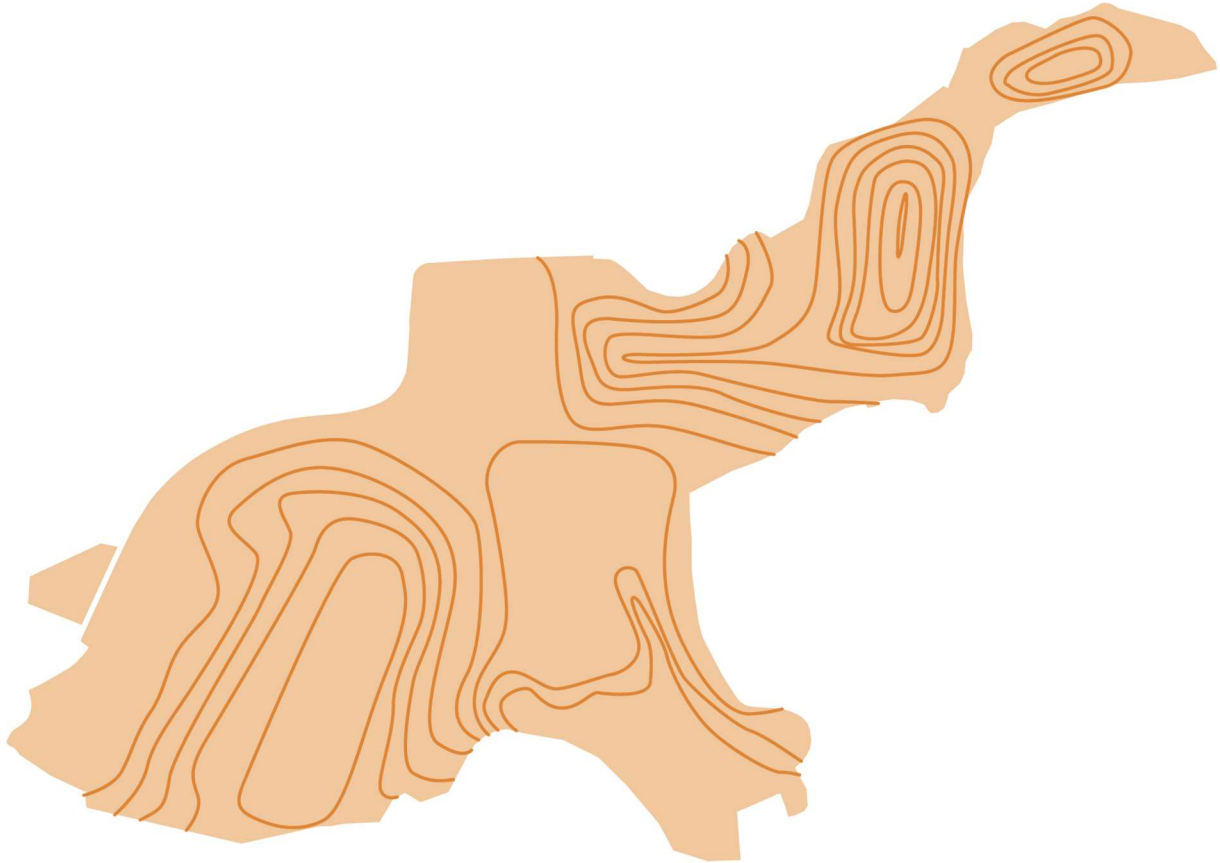


Figur 15 Deponiområdet på Grønmo med det eksisterende rør- og bekkenettet markert i blått. Her ser man tydelig hvor bekken løp før det ble fylt på med masser. Illustrasjon Worksonland/ Elisabeth Sjødahl

Strategi

i. Landscape modelling.

For å forhindre regnvann fra å infiltrere deponiet har topografien blitt arrondert med helninger som former bakketopper som dekker felt. Dette sørger for kontrollert rask avrenning mot utkantene av feltene hvor det kan samles opp og unngår slik økt produksjon av forurenset sigevann.



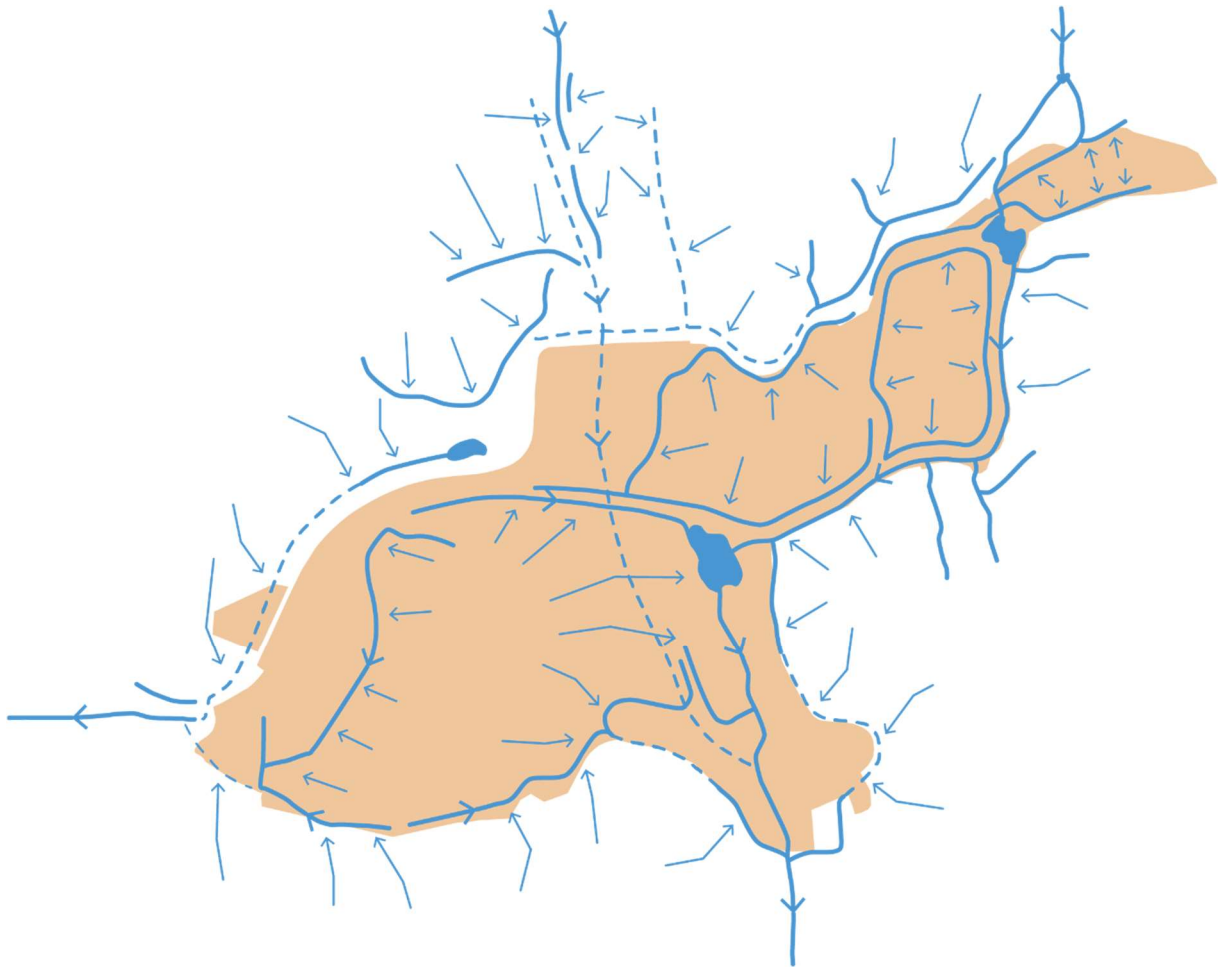
Figur 16 Arrondering av topografien på Grønmo har laget flere bakketopper på området. Illustrasjon Worksonland/ Elisabeth Sjødahl

ii. Overvann.

Grønmo befinner seg i et søkk, og for å unngå inntrenging av rent vann til de forurensede områdene er det etablert et system bestående av avskjærende grøfter. Noen av grøftene er utformet som bekker, og utvides på tre steder til dammer som øker kapasiteten til systemet.

Grunnet tilførselen av avfall har topografien blitt endret og hevet så mye at det ikke lenger var mulig å koble den rørlagte Raumyrbekken til overvannssystemet. Raumyrbekken ligger derfor fremdeles i rør under deponiet.

Røret har fått redusert kvalitet som følge av aldring og setninger i deponiet. Sprekker fører til både inn- og utsig av vann, og forurenser overvannet som blir ledet i kulverten. Røret er derfor reparert med en strømpe fra innsiden.

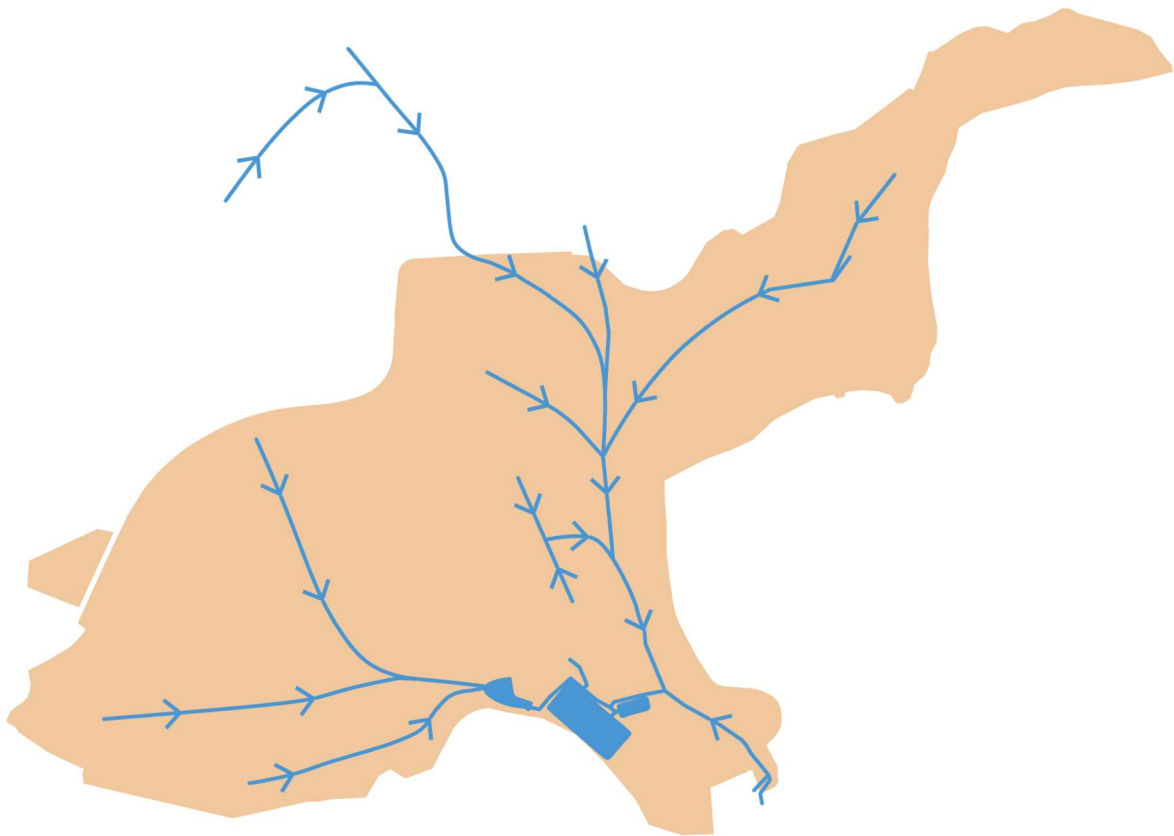


Figur 17 Overvannshåndteringen på og ved deponiområdet. Terrenget er formet slik at vannet fortest mulig renner bort fra selve deponiet, og blir samlet i vannførende grøfter som går rundt hele området. Heltrukne linjer er åpne grøfter, stripete linjer er lukkede grøfter, mens pilene viser vannretningen på terrengoverflaten. Illustrasjon Worksonland/ Elisabeth Sjødahl

iii. Oppsamling og behandling av sigevann.

Det er viktig å kontrollere sigevannsnivået i deponiet, for å stoppe lekkasjer til grunnvannet og unngå risiko for forurensing av resipienten.

Sigevann som drenerte urensset inn på avløpsnettet er samlet ved bruk av pumpestasjoner og ført videre til et renseanlegg. Kontroll av inn- og utløp fra renseanlegget er viktig for å optimalisere renseeffekten til anlegget, og for å kontrollere påslippet til det kommunale nettet.



Figur 18 Oversikt over sigevann på området. Bassengene i sør blir brukt til å rense vannet før det slippes på avløpsnettet. Illustrasjon Worksonland/ Elisabeth Sjødahl



Figur 19 Terrengarrondering og avskjærende grøfter rundt Grønmo Avfallsdeponi. Foto: Elisabeth Sjødahl



Figur 20 Grønmo Avfallsdeponi. Dammer og terskler i bekken vil fungere som forsinkende/fordrøyende elementer. Foto: Elisabeth Sjødahl



Figur 21 Grønmo Avfallsdeponi. Sigevann oppsamles og føres til renseanlegg. Foto: Elisabeth Sjødahl

2.2.3 Vinstra Avfallsdeponi

Informasjon om Vinstra fra:

Intervju med Bjørn Berg den 26/11-2018 og Rapport om Landfill Mining, Forprosjekt, Avfall Norge 2/2014

Bakgrunn

Statens vegvesens veiprosjekter krysser mange ulike typer landskap og grunnforhold. Ved bygging av europavei E6 gjennom Gudbrandsdalen, gikk den tenkte veitraseen gjennom et eldre deponi med husholdningsavfall fra frem til 1985. Deponiet var etablert i et grustak, og hadde et areal på ca 44.000 m². Grunnet risiko for setninger og bevegelse i grunnen, gjorde man tiltak før man kunne bygge veien.

Strategier

Områdene som hittil er blitt presentert hittil i rapporten har fulgt en strategi som går ut på å modellere terrenget så vannet i størst mulig grad vil renne utenom deponiområdet. Denne case studien viser en annen strategi: Avfallsmassene fra deponiet blir fjernet fra området for å tillate andre funksjoner å komme til.

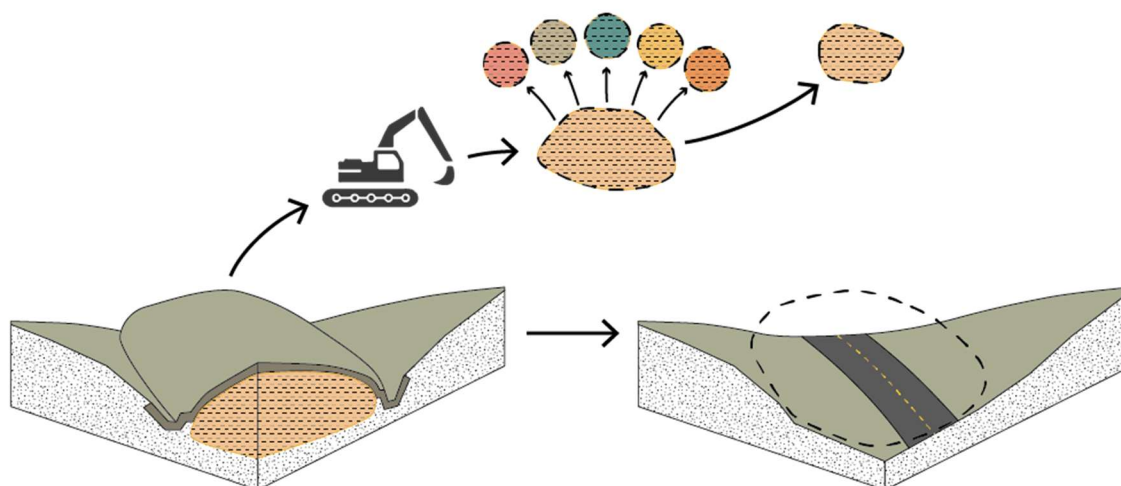
LANDFILL MINING (LFM) ER DEFINERT SOM EN PROSESS SOM HAR TIL HENSIKT Å EKSTRAHERE MINERALER ELLER ANNET FAST MATERIALE/RESSURSER SOM HAR VÆRT NEDGRAVD I GRUNNEN SOM AVFALL. DET ER FLERE MOTIVER FOR Å GRAVE OPP OG FJERNE DEPONERT AVFALL, ENN DET FOR Å EKSTRAHERE UT MINERALER/RESSURSER; REDUSERE AREALKRAVET TIL DEPONI SOM ER I DRIFT, UTVIDE DEPONIETS VARIGHET I TID, REDUSERE OG FJERNE FORURENSNING, GJENVINNE ENERGIBÆRERE OG MATERIALER, REDUSERE KOSTNADER I ETTER DRIFT ELLER GJØRE AREALER TILGJENGELIG FOR ANDRE FORMÅL.

- UTDRAG FRA LANDFILL MINING FORPROSJEKT. RAPPORT 02/2014. AVFALL NORGE.

i. Landfill mining og landfill moving

Landfill mining betyr altså å grave opp deponert avfall og å separere avfallet inn i ulike kategorier for så å enten gjenvinne det eller redeponere det. Denne teknikken hjelper ikke bare på gjenbruk, men reduserer volumet av avfallet og renser deponiområdet fra forurensning og ustabil grunn, som gjør at det åpnes opp for nye funksjoner slik som motorveier, offentlige parker eller vannsystemer.

Sortering av massene kan skje på stedet, in-situ, eller på deponi i drift, ex-situ. Hvorvidt man bearbeider masser på plassen eller ikke er avhengig av situasjonen. Ex-situ velges om det finnes naboer som kan bli forstyrret av lukt og støy fra arbeidsprosessene, om man risikerer spredning av forurensning eller om det er plassmangel for håndtering. Håndtering ex-situ er også avhengig av kvantiteten på massene, da det trengs spesielle maskiner for arbeidet.



Figur 22 Landfill mining på Vinstra. Avfallsmassene ble gravd ut for så å sorteres og kjøres bort, for å muliggjøre bygging av europavei E6 gjennom området. Illustrasjon Worksonland/ Elisabeth Sjødahl

I forarbeidet for prosjektet på Vinstra ble fire prøvepunkter analysert for å vurdere deponiets sammensetning. Hva man finner i eldre deponier avhenger mye av hvor man graver, da avfall før i tiden ikke ble sortert. Med tanke på risiko for setninger i veien over tid, måtte man på Vinstra fjerne alt av deponimasser i veitraséen, dvs. ca 50.000 tonn.

I forbindelse med gravingen ble massene sorterte. På stedet tok man i hovedsak bort større steiner, mens resten ble sortert på deponi i drift, ex-situ. I denne fasen ble det sortert ut stein, magnetisk metallavfall og andre store fraksjoner. Massene som ble håndtert ex-situ ble delt inn i ulike kategorier – jordmasser, grov stein, småstein, dekk, plast og metall – og deler ble redeponert.

Miljømessige utfordringer ved tiltak

VED UTGRAVING FRA ET DEPONI VIL MAN MØTE EN DEL AV DE SAMME UTFORDRINGENE SOM LIGGER I ETABLERING OG DRIFT AV DEPONI. DET ER IMIDLERTID EN VESENS FORSKJELL I OG MED AT DE MASSENE SOM SKAL GRAVES UT ER I EN ANAEROB TILSTAND. DETTE INNEBÆRER REDUKTIVE FORHOLD SOM VIL LEDE TIL UTSLIPP AV GASSER SOM REPRESENTERER ET LUKTPROBLEM. I TILLEGG VIL UTSLIPP AV METAN KUNNE REPRESENTERE AN FARE FOR BRANN OG I VERSTE FALL EKSPLOSJON. PUNKTERING AV TOPPDEKKE VIL NATURLIG NOK MEDFØRE EMISJON AV METAN, EN KRAFTIG KLIMAGASS.

- UTDRAK FRA LANDFILL MINING FORPROSJEKT. RAPPORT 02/2014. AVFALL NORGE.

Ved graving i gamle deponi er utfordringen at nedbrytningsprosessene ikke er ferdige. Massene er i anaerob tilstand, som gjør at gass blir produsert når massene kommer i kontakt med luften. Gassen kan gi ubehagelige konsekvenser som luktproblemer, og farlige konsekvenser som metangass som både kan være en brannfare og en risiko for eksplosjon. Under planleggingen må man ta hensyn til HMS og tenke over hvilke tiltak man kan gjennomføre før prosjektet starter. For å unngå lukt kan man aerobisere massene ved å tilføre oksygen før utgravingen begynner.

Ved utgraving kan regnvann som kommer i kontakt med deponiet bli kontaminert og spre forurensingen til grunnvann og vassdrag. Ved sterk konsentrasjon kan vannet bli klassifisert som sigevann. Det er derfor krav om tildekking av området. Med tanke på klimaendringene må også nedbørsfeltet tas i beaktning, siden overvannet kan renne på tette flater frem til utgravingsområdet.

3. Vurderinger for å hindre spredning under tiltak

Dette kapittelet tar for seg regelverk og hvilke vurderinger som er viktige å forholde seg til når en skal gjøre tiltak som omhandler vannhåndtering i områder med forurensede masser.

3.1. ROS-analysen for å kartlegge uønskede hendelser

Alle utbyggingsplaner skal etter plan- og bygningsloven ha en risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS-analyse) for å avdekke hvilke uønskede hendelser som kan inntreffe, både menneskeskapt og naturlig. Derfor er det viktig at ROS-analysen omtaler klimautviklingen og inkluderer en vurdering av dagens og framtidig klima (DSB, 2015). Prosjekter som omhandler bekkeåpninger og/eller terrenginngrep som del av flomsikring i områder med eldre deponier eller andre forurensede masser kan med fordel også benytte en ROS-analyse som redskap for å gjøre en overordnet kartlegging. En slik tilnærming er vurdert i et tidligere pilotprosjekt om klimatilpasning for Miljødirektoratet der Fylkesmannen i Vest-Agder benyttet en ROS-analyse for å identifisere kritiske områder og hendelser knyttet til utlekking fra avfallsdeponier og fyllinger som er utsatt for stormflo i kystsonen (Fylkesmannen i Vest-Agder, 2015).

Generelt, når det gjelder kommunal planlegging og samfunnssikkerhet er det to lover som er sentrale:

- Sivilbeskyttelsesloven stiller krav til kommunen om helhetlig ROS. Kommunen plikter å kartlegge hvilke uønskede hendelser som kan inntreffe i kommunen, vurdere sannsynligheten for at disse hendelsene inntreffer og hvordan de i så fall kan påvirke kommunen. Resultatet av dette arbeidet skal vurderes og sammenstilles i en helhetlig risiko- og sårbarhetsanalyse. Dette gjelder hele kommunen, og utgjør et grunnlag for kommunens arbeid med samfunnssikkerhet og beredskap, også ved utarbeiding av planer etter plan- og bygningsloven. Risiko- og sårbarhetsanalysen skal oppdateres i takt med revisjon av kommunedelplaner og for øvrig ved endringer i risiko- og sårbarhetsbildet.
- Plan- og bygningsloven (PBL) stiller krav om gjennomføring av risiko- og sårbarhetsanalyser ved all planlegging. Analysen skal vise alle risiko- og sårbarhetsforhold som har betydning for om arealet er egnet til utbyggingsformål, og eventuelle endringer i slike forhold som følge av planlagt utbygging.

Metodikk for helhetlige ROS-analyser er spesifisert i Veileder til helhetlig risiko- og sårbarhetsanalyse i kommunen (DSB, 2014). Hovedfasene i helhetlig ROS er (i) planlegging og forarbeid, (ii) gjennomføring og (iii) oppfølging i kommunen. Gjennomføring av ROS-analyser gjøres som en scenariobasert risikovurdering. En viktig del av dette arbeidet er å identifisere uønskede hendelser, dvs. hendelser som kan gi negative konsekvenser innen samfunnsverdiene liv og helse, stabilitet, natur og miljø og materielle verdier. I denne rapporten fokuseres det spesielt på uønskede hendelser som gir spredning av forurensning som følger av et klima i endring. Dette vil innordnes under samfunnsverdi "Natur og miljø" og konsekvenstype "Langtidsskader på naturmiljø".

Alle identifiserte uønskede hendelser dokumenteres i et eget analyseskjema og for hver av disse punktene bør det gjøres en beskrivelse av:

- årsaker
- identifiserte eksisterende tiltak
- sannsynlighet
- sårbarhet
- konsekvenser
- risiko

- forslag til nye tiltak og forbedring av eksisterende tiltak

For vurdering av sannsynligheter og konsekvens benyttes inndeling i sannsynlighets- og konsekvenskategorier. DSB (2014) foreslår å definere sannsynlighetsklasser ved hjelp av returperiode eller årlig sannsynlighet og konsekvenskategorier for skade på naturmiljø som en kombinasjon av geografisk utbredelse og varighet på skade.

3.2. Forurensningstilstand, grunnforhold og spredning

For å vurdere potensiell spredning av forurensning, er det en forutsetning at man har oversikt over forurensningstilstand og grunnforhold i det aktuelle området. Generelt skal forurensningstilstand kartlegges med en miljøteknisk grunnundersøkelse som skal følge metodikk i Norsk Standards NS-ISO 10381-5, "Veiledning for fremgangsmåte for undersøkelse av grunnforurensning på urbane og industrielle lokaliteter." TA-2553/2009 er Miljødirektoratets veileder "Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn" (SFT, 2009) som beskriver kartlegging og klassifisering av forurensede masser. Veilederen henviser videre til NI-ISO 10381-5 for mer detaljert metodikk. Begge disse dokumentene inkluderer gode beskrivelser av hvilke forhold som skal vurderes og hvordan en utformer en prøvetakingsstrategi med bakgrunn i funn i innledende studier. Dvs. før feltundersøkelser skal det innhentes informasjon om:

- Tidligere grunnundersøkelser (geoteknikk og miljø)
- Relevant informasjon fra byggesaker (tiltaksplaner, sluttrapporter)
- Berggrunn og løsmasser (kvartærgeologi)
- Resipientforhold og naturforhold
- Grunnvann og sigevann
- Forurensningens egenskaper (informasjon om antatt viktigste miljøgifter ved lokaliteten)

Disse innledende studier samt miljøtekniske undersøkelser er godt innarbeidet i bransjen, både hos miljømyndigheter og rådgivere. Undersøkelsene omfatter prøvetaking av jord eller fyllmasse, overflatevann, grunnvann og jordgass der dette er nødvendig, og påfølgende analyse eller testing av innsamlede prøver.

Når det gjelder kartlegging av forurensning i en gammel søppelfylling, bør en være forberedt på at massene kan inneholde ulike avfall som husholdningsavfall eller industriavfall (Avfall Norge, 2014).

I tillegg til kartlegging av forurensningstilstand, bør spredning gjennom transport av forurensning vurderes (SFT, 1999). En slik vurdering inkluderer å identifisere ulike spredningsveier (jord, vann og luft) som kan medføre eksponering til mennesker eller resipient, organismer og planter. Graden av spredning avhenger av løselighet til en miljøgift i jord, jordas egenskaper og mengden vann som strømmer igjennom de forurensede massene. Vanngjennomstrømning i umettet sone (infiltrasjon av overflatevann) og mettet sone (grunnvannstrømning) kan beregnes med godt kjente hydrogeologiske likninger (se for eksempel Swartz & Zhang, 2003). Effekten av spredning kan vurderes med bakgrunn i mengde forurensning som spres til en resipient og resulterende konsentrasjon i vannfasen. Det kan da være relevant å ta i betraktning hvordan det lokale økosystemet vil bli påvirket og om det er fare for human helse. NGI har utarbeidet nytt grunnlag for vurdering av spredning fra forurenset masser via grunnvann til resipient. Forslaget er under vurdering hos Miljødirektoratet (NGI, 2018).

3.3. Eksisterende regelverk knyttet til utgraving og flytting av masser

Overordnet gjelder kapittel 2 § 7 i Forurensningsloven for alle tiltak (bygging, graving etc.) som direkte berører eller kan påvirke forurensede masser og avfall. Denne paragrafen krever at "ingen må

ha, gjøre eller sette i verk noe som kan medføre fare for forurensning", altså en plikt til å unngå forurensning. Forurensningsforskriftens del 1, kapittel 2 regulerer terrenginngrep i forurenset grunn ved bygge- og gravearbeider (bygge- og graveforskriften for forurenset grunn) og tiltakshaver har ansvar for å vurdere om det kan være grunnforurensning i et område det skal gjøres terrenginngrep. Dersom det er grunn til å mistenke dette plikter tiltakshaver å gjennomføre nødvendige undersøkelser for å få klarlagt omfanget og betydningen av forurensningen (Forurensningsforskriften, kap. 2, § 4). Minimumskravet er å avklare om normverdier (Forurensningsforskriften, kap. 2, vedlegg I) er overskredet.

Akseptkriterier for forurenset grunn inkluderer normverdiene (Forurensningsforskriftens kap. 2, vedlegg I) i tillegg til de veiledende helsebaserte tilstandsklassene for forurenset grunn (TA -2553). De helsebaserte tilstandsklassene beskriver hva som er akseptabelt forurensningsnivå i grunnen basert på forventet arealbruk. Dette betyr at forurensede masser kan omdisponeres innenfor et tiltaksområde, så lenge akseptkriteriene etterfølges. Dersom tiltaksområdet kun befinner seg på en liten del av eiendommen, åpner denne bestemmelsen likevel ikke for å flytte forurenset masse til en del av eiendommen som ikke er forurenset eller ikke er berørt av det aktuelle tiltaket. Dette følger av forurensningsloven § 7.

TA-2553/2009 åpner også for at det kan gjøres en risikovurdering av masser som overskrider akseptkriterier for arealbruk. Dersom en slik vurdering viser at det ikke er nevneverdig risiko knyttet til å la masser som overskrider akseptkriterier ligge, kan det søkes om tillatelse til å gjøre dette. Per i dag kan Miljødirektoratets veileder 99:01 (SFT, 1999) benyttes til å gjøre en risikovurdering av potensielle følger av forurensning i grunnen. I en slik risikovurdering skal mulig påvirkning av lokale resipienter og human helse vurderes. Vannrammedirektivet stiller krav til vannkvalitet i overflatevann. Miljødirektoratets veileder M-608 (MDir, 2016) inneholder miljøkvalitetsstandarder (EQS), som er en grenseverdier for klassifisering av ferskvann og saltvann. Disse er knyttet direkte til Vannrammedirektivet. Det er også et overordnet mål at alle naturlige overflatevannforekomster (innsjøer, vassdrag og kystvann) skal oppnå god kjemisk og økologisk tilstand. Et tiltak skal derfor ikke utføres slik at det kan være til hinder for en nærliggende resipient å oppnå god kvalitet.

Når det skal gjøres terrenginngrep i forurenset grunn krever Forurensningsforskriftens § 2-6 at det skal utarbeides en tiltaksplan som skal godkjennes av kommunen før terrenginngrep kan starte. Dersom terrenginngrepet også krever melding eller søknad etter plan- og bygningsloven, skal tiltaksplanen sendes sammen med denne. §2-5 av Forurensningsforskriften beskriver videre at: "Forurenset masse som ikke disponeres på eiendommen, skal leveres til godkjent deponi eller behandlingsanlegg med tillatelse etter forurensningsloven." Næringsavfall og husholdningsavfall skal alltid sorteres ut av gravemasser og leveres til godkjent mottak. Forurensningsloven §32 åpner også for at forurensede masser kan gjenvinnes dersom de kan komme til nytte ved å erstatte materialer som ellers ville ha blitt brukt. Dette krever imidlertid unntak fra forurensningslovens § 11 og må søkes om (les mer i kapittel 3.4).

3.4. Karakterisering av gravemasser for vurdering av disponeringsalternativer

Som beskrevet i kapittel 3.3 krever kapittel 2 i forurensningsforskriften at det gjøres undersøkelser og utarbeides en tiltaksplan ved terrenginngrep i forurenset grunn. Miljødirektoratets veileder Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn TA-2553 (SFT, 2009) beskriver hvordan kartlegging og klassifisering av forurenset grunn skal gjøres. Merk at dette er veiledning og ikke lovverk. Veilederen springer imidlertid ut fra lovverk og er laget for å ivareta bestemmelser i forurensningsloven og forurensningsforskriften. I tillegg til normverdier for hva som ansees som rent,

hentet fra forurensningsforskriftens kapittel 2, vedlegg I, inneholder TA-2553 et klassifiseringssystem for forurenset grunn som er laget for å beskytte mennesker mot eksponering og mulige helseeffekter.

Dersom gravemasser omdisponeres innenfor et tiltaksområde, er akseptabelt forurensningsnivå i grunnen basert på forventet arealbruk (bolig, kontor/forretning, og industri/trafikk) for ulike dybde (topp jord som er < 1m og dypereliggende jord).

Dersom gravemasser ikke kan omdisponeres innenfor tiltaksområdet er det per definisjon å regne som næringsavfall. Dette gjelder både for rene masser (under normverdi) og forurensede masser. Generelt gjelder det at avfall skal leveres til godkjent mottak og før deponering finner sted krever Avfallsforskriftens kap. 9 at det gjennomføres en basiskarakterisering av avfallet. Informasjon om avfallets innhold og potensial for utlekking skal dokumenteres gjennom testing. Unntak fra testing gis for visse inerte avfallsfraksjoner som for eksempel glass, teglstein og betong. Slike masser kan deponeres direkte på deponi for inert avfall (se Avfallsforskriftens kap. 9, vedlegg II, 1.2 for flere detaljer). Deponering av rene masser krever heller ikke basiskarakterisering. Miljødirektoratets faktaark M-1243 (MDir, 2018) beskriver håndtering og sluttddisponering av rene masser. Slike masser skal leveres til et godkjent anlegg eller gjenvinnes iht. spesifikke krav.

Gravemasser som ikke kan disponeres innenfor tiltaksområdet, kan mulig gjenvinnes istedenfor levering til godkjent mottak. Med gjenvinning menes det at massene ikke leveres til deponi, men heller erstatter jomfruelige masser eller andre tradisjonelle konstruksjonsmaterialer i et planlagt tiltak utenfor tiltaksområdet massene stammer fra. Dersom gjenvinningstiltaket kan føre til forurensning, kreves det unntak fra forurensningslovens § 11 og det skal da søkes Miljødirektoratet om tillatelse. Muligheten for gjenvinning av eksterne gravemasser er viktig å vurdere i forbindelse med ulike landskapsgrep som kan trenge tilskudd av masser.

Det finnes per i dag ingen konkrete retningslinjer for karakterisering av gravemasser som ønskes gjenvunnet. Miljødirektoratet har imidlertid definert overordnede krav til hva som ansees som akseptabel nyttiggjøring av avfallsmasser basert på EUs avfallsdirektiv. Masser som gjenvinnes:

- skal erstatte et tradisjonelt konstruksjonsmateriale i en konstruksjon som allerede er planlagt,
- må tilsvare mengden masser som ønskes erstattet,
- må være teknisk egnede til planlagt formål,
- skal ikke utgjøre en risiko for miljøet eller human helse.

De første to punktene i denne listen skal sikre at et planlagt gjenvinningstiltak ikke kun er en form for alternativ deponering utenfor godkjente mottak. Punkt tre lar seg løse gjennom tekniske krav til masser som brukes til ulike byggeformål og kjente geotekniske testmetoder. Kravspesifikasjoner til geoteknisk kvalitet og egnede testmetoder for enkelte formål er beskrevet av NGI (2018a).

Retningslinjer for sluttddisponering av rene gravemasser er beskrevet i M-1243 (MDir, 2018). Gjenvinning av rene masser kan føre til forurensning dersom gjenvinningstiltaket forårsaker en spredning av partikler, løst organisk materiale (DOC), eller sigevann med høy/lav pH som påvirker en nærliggende resipient negativt. Dette utløser krav om tillatelse som gir unntak fra forurensningslovens § 11. Dersom det vurderes at en slik påvirkning ikke er sannsynlig, kreves det derimot ikke at det søkes om tillatelse.

Kriteriet om at forurensede masser som gjenvinnes ikke skal utgjøre en risiko for miljøet er mer utfordrende å håndtere, og her mangler per i dag nødvendige retningslinjer. NGI har vurdert

eksisterende, relevante norske retningslinjer og veiledere, samt retningslinjer fra andre europeiske land (NGI, 2019a) og konkluderer med følgende:

- Normverdi gir grunnlag for å si om jordmasser er rene og risikofrie. Dersom normverdi ikke overskrides kan jordmasser disponeres iht. M-1243 (MDir, 2018). Hvis masser overskrider normverdi må det gjøres en vurdering av miljørisiko ved gjenvinning.
- Miljømyndighetene har indikert at de ønsker at grenseverdier for utlekking for avfall til inert deponi skal være en øvre grense for utlekking i et gjenvinningsstiltak. Disse grenseverdiene vil dermed være beskrivende for en øvre grense for akseptabel miljørisiko ved gjenvinning.
- Miljørisiko er knyttet til spredning av miljøgifter og påfølgende eksponering av økosystemet og mennesker. Denne risikoen kan variere stort for ulike typer masser, tiltak, miljømål og lokaliteter med unike resipientforhold. For å vurdere miljørisiko er det derfor nødvendig å gjøre en stedsspesifikk spredningsvurdering og vurdering av mulig menneskelig eksponering. Konseptmessig vil en risikovurdering for forurenset grunn (SFT, 1999) være lik en risikovurdering for et tenkt gjenvinningstiltak; det beregnes forventet spredning fra en lokalitet hvor det hypotetisk sett skal plasseres forurensede masser i grunnen. Forskjellen vil være at tiltaket kan tilpasses på måter som er risikoreducerende og dette må kunne reflekteres i beregningen.

3.5 Bruk av andre overskuddsmasser for å redusere spredning

I forbindelse med gjennomføring av landskapsoppbygging og tiltak for å hindre spredning, kan det være behov for ulike typer masser. Egnede masser kan stamme fra andre utbyggingsprosjekter som eksempelvis veg, bane, boligprosjekter. For å stimulere til økt grad av gjenvinning av masser, bør det derfor lages en **oversikt over potensielle eksterne overskuddsmasser** som kan benyttes i landskapsoppbygging. Bruk av slike masser fra andre lokale og regionale prosjekter kan være kostnadsbesparende og bidrar også til en sirkulær økonomi gjennom økt gjenbruk. Det er da nødvendig å fremskaffe en oversikt over masser til konstruksjonsformål (bærende masser) og masser med spesielle egenskaper (drenering, sorpsjon, impermeable barrierer). Dette krever normalt en karakterisering av massene med hensyn til geotekniske og miljøtekniske egenskaper (NGI, 2019b)

Relevant informasjon vil kunne finnes i en regional massehåndteringsplan dersom Fylkeskommunen i den aktuelle regionen eller tilgrensende regioner hvor prosjektet finner sted har laget en slik plan. Det vises eksempelvis til regional massehåndteringsplan for Akershus (Akershus fylkeskommune, 2016). I tillegg kan relevant info finnes i hos en eller flere av følgende kilder:

- Behandlingsanlegg for forurensede masser og avfall
- Massehåndteringsanlegg
- Pukkverk
- Kommunale reguleringsplaner
- Tiltaksplaner for forurenset grunn
- Tiltaksplaner for forurensede sedimenter
- Store veiprojekter (SVV)
- Store jernbaneprosjekter (BaneNOR)

3.6 Tiltak for å hindre eller redusere spredning

Forurensning i grunnen har et faremoment som er knyttet til risiko for spredning, ettersom spredning kan føre til at mennesker eller økosystemer blir eksponert for forurensingen. Spredning skjer oftest ved at miljøgifter løses ut i porevann som lekker til grunnvann og/eller overflatevann. Utlekking av miljøgifter fra forurensede masser styres hovedsakelig av to ting: 1) løseligheten til miljøgiftene og 2) vanngjennomstrømning i massene. Høy løselighet og stor vanngjennomstrømning vil gi høy utlekking av miljøgifter. Dersom det ikke lar seg gjøre å redusere løselighet eller vanngjennomstrømning er det mulig å rense sivevannet fra massene.

3.6.1 Tiltak for reduksjon av spredning via vann

Tiltak for å redusere løselighet: Løseligheten til en miljøgift i jord er avhengig av miljøgiftens egenskaper, men også av jordas evne til å binde denne. Løseligheten kan reduseres ved å endre de geokjemiske egenskapene til jorda, for eksempel ved å tilsette sobenter som binder miljøgiftene. Sorbenter er materialer med god evne til å sorbere/binde forbindelser (metaller/organiske miljøgifter). Aktivert kull er et godt eksempel på et materiale som har høy sorpsjonsevne for en rekke ulike miljøgifter. Materialer med høyt innhold av hydroksider og oksider kan også ha evne til å sorbere ulike metaller.

Tiltak for å redusere vanngjennomstrømning: Vanngjennomstrømningen i forurensede masser styres av lokale hydrogeologiske forhold men også av den forurensede jordas fysiske egenskaper. Generelt gjelder det å hindre vann i å passere gjennom de forurensede massene. Dette kan gjøres på flere måter:

- Grøfter med grovkornede masser kan etableres slik at grunnvann ledes rundt områder med forurensede masser. Dette kan gjøres samtidig som at det etableres barrierer med impermeable masser rundt de forurensede massene, noe som vil føre til at grunnvann i stor grad vil følge grøftene rundt i stedet for å passere gjennom de forurensede massene.
- Impermeable tettesjikt som legges over forurensede masser vil sterkt redusere mengden regnvann og overflatevann som infiltrerer i- og passerer igjennom massene. Slike tettesjikt kan konstrueres av naturlige, finkornede materialer (leire, silt og morene), eller av kunstige membranløsninger (HDPE og bentonittmatter). Betongstøpte eller asfalterte flater er også å regne som lite permeable overflater.
- Komprimering av forurensede masser kan bidra til å redusere porøsiteten og følgelig den hydrauliske ledningsevnen i massene, noe som vil føre til at vann strømmer langsommere gjennom massene. I tillegg bidrar en lavere permeabilitet til at mindre forurenset jord vil kunne komme i kontakt med vann, ettersom vann kun strømmer i tilgjengelige, sammenkoblede porer. Dersom komprimering av masser i tillegg kombineres med at fall på massene og et drenerende lag i toppen vil regnvann og overflatevann i større grad renne av langs overflaten av massene i stedet for å infiltreres.
- Innstøping av forurensede masser i betong er også et mulig tiltak for å hindre vanngjennomstrømning og utlekking. Dette er imidlertid et kostbart alternativ.

Rensing av sivevann: Rensing av sivevann krever at sivevannet lar seg samle opp eller at det er mulig å gjøre tiltak i et tverrsnitt av sivevannsstrømmen.

Rensing av sivevann som samles opp kan gjøres ved å etablere et renseanlegg, som settes opp med lignende teknologi som benyttes på aktive deponier eller avløpsrenseanlegg. Renseeffekt og beskrivelse av ulike renseløsninger er detaljert i Miljødirektoratets veileder TA-2977 (Klif, 2012). Det skilles mellom naturbaserte løsninger og kjemiske renseanlegg.

I kjemiske renseanlegg tilsettes kjemikalier til sigevannsstrømmen som reduserer løseligheten til miljøgifter slik at de feller ut som slam. Slammet må samles opp og deponeres. Kjemikaliene som tilsettes avhenger av hva som ønskes utfelt. pH-justering kan benyttes til å felle ut tungmetaller fra surt eller sterkt basisk vann, mens flokkuleringsmidler kan benyttes til å felle ut både metaller, organisk materiale, partikler og næringssalter. Oksidasjonsmidler kan benyttes til å fjerne organisk materiale og enkelte organiske miljøgifter. Slike anlegg krever aktiv drift og har betydelige driftskostnader.

Naturbaserte løsninger inkluderer både våtmarksfiltre og luftede laguner. Våtmarksfiltre er godt egnet til å fjerne næringssalter og organisk karbon fra sigevann. Luftede laguner benyttes som oftest til å felle ut jern og andre tungmetaller fra sigevann, men kan også ha en effekt på å redusere mengden organisk nedbrytbart karbon.

En enklere renseløsning kan lages ved å danne en aktiv barriere eller en filterbarriere på tvers av hele sigevannsstrømmingen. En aktiv barriere inneholder en sorbent som binder til seg forurensningen i sigevannet. En filterbarriere inneholder som regel ren sand som lar vann strømme igjennom samtidig som den holder forurensende partikler tilbake. Slike barrierer har en viss kapasitet som over tid vil overskrides. Barrierene må derfor byttes/vedlikeholdes.

Dersom det ikke er mulig å etablere hele barrierer kan en også konstruere rensebrønner hvor det pumpes ut forurenset vann eller tilsettes en sorbent som byttes med jevne mellomrom. Dette er den mest arbeidskrevende og kostbare løsningen å opprettholde over tid.

3.6.2 Tiltak for reduksjon av partikkelspredning

Partikkelspredning kan forekomme enten gjennom støvflukt eller gjennom overflateerosjon med vann. Støvflukt forekommer oftest for finkornige masser under tørkeperioder. Dette skjer typisk også med større hyppighet i en anleggsfase hvor det graves i massene eller når tung trafikk virvler opp støvet. Partikkelspredning via overflatevann kan bli et problem for områder med fall (høydegradient) mot resipient og mye nedbør, eller når elver og bekkeløp passer igjennom forurensede masser.

Begge disse formene for partikkelspredning kan hindres/reduseres ved å dekke til de forurensede massene med rene masser. I en anleggsfase vil det være viktig å fukte tørre masser for å hindre oppvirvling av støv. Vegetasjonsdekke er også et velegnet tiltak for å redusere partikkelspredning.

Erosjon forårsaket av elve- og bekkeløp kan enten reduseres ved å legge om elva/bekken eller ved å erosjonssikre bunn og kanter med membraner, betong eller grove masser.

3.6.3 Tiltak for reduksjon av gassdannelse/gassdiffusjon

Spredning av gass er i hovedsak et problem som påvirker inneluft. Dette skjer når gass som produseres i forurenset jord transporteres oppover gjennom luftfylte porer og akkumuleres inne i bygg. En slik problematikk kan i hovedsak relateres til to situasjoner: 1) innhold av organisk materiale som brytes ned og produserer metan og andre avgasser og/eller 2) volatile organiske miljøgifter (VOC) med et høyt damptrykk. VOC kan være toksiske, mens metan oftest er knyttet til antenning- og eksplosjonsfare.

Spredning av gass fra forurensede masser kan hindres ved å etablere impermeable tettesjikt over de forurensede massene med oppsamlingsbrønner for gass som produseres. Gass fra oppsamlingsbrønnene kan samles opp og forbrennes (fakling). Samtidig som et impermeabelt

tettesjikt hindrer gass i å slippe ut fra de forurensede massene vil det også hindre oksygendiffusjon inn i massene. Dette vil redusere gassdannelse forårsaket av nedbrytningen av organisk materiale.

I enkelte tilfeller kan det være nødvendig å fjerne kilden til gass for tilstrekkelig å redusere risiko (se kapittel 3.6.4).

3.6.4 Tiltak for å redusere/fjerne kilden til forurensning

Utgraving: Den enkleste måten å redusere/fjerne kilden til forurensning i jord er å grave ut de forurensede massene og ut og kjøre de til et godkjent mottak (deponi). Dette er imidlertid kostbart, på grunn av deponiavgiften og kostnader knyttet til anleggsarbeid og transport. Et slik tiltak krever også at det anskaffes rene masser som de forurensede byttes ut med.

Sortering ved utgraving sikrer en bedre avfallshåndtering og vil også kunne bidra til å redusere de totale deponeringskostnadene. Metodikk for utgraving og sortering av avfallsmasser er beskrevet av Avfall Norge (2014). Gravemasser kan ofte sorteres ut i fire hovedfraksjoner: jord eller jordaktige masser, brennbar fraksjon, skrapmetall og inerte masser

Disse fire fraksjonene kan behandles separat på ulike anlegg slik at en får en mer optimalisert ressursutnyttelse og bruk av deponikapasitet. Innenfor hver kategori er det også mulig med videre inndeling. Fra jord og jordaktige masser er det for eksempel mulig å skille ut stein (>X mm diameter). Stein er å regne som rene masser så fremt de ikke inneholder et forurenset belegg, som for eksempel olje eller forurenset finstoff.

Utgraving foregår som oftest med gravemaskin eller bulldoser, men det finnes spesialisert utstyr for sortering som kan gjøres på byggeplass. For mer detaljert informasjon se Avfall Norge (2014).

Lufting: I enkelte tilfeller kan lufting av masser ved utgraving være nok til å betydelig redusere innholdet av VOC. Dette er typisk mulig for masser som inneholder forhøyede konsentrasjoner av benzen. Benzen er volatil og vil kunne fordampe og forlate massene som følger av at massene graves ut og legges i ranker over en kortere tidsperiode.

Naturlig nedbrytning: Mange organiske miljøgifter, som oljeforbindeleser, BTEX og enkelte klorerte forbindelser, brytes ned naturlig i grunnen. Den begrensende faktoren for slik nedbrytning er oftest tilgang på elektronakseptorer (O_2 , NO_3^- , SO_4^{2-} , CH_4), eller elektrondonorer (organisk karbon). Ved å tilføre oksygen, eller andre oksidasjonsmidler kan en stimulere til økt, naturlig nedbrytning. Dette gjøres ved å konstruere infiltrasjonsbrønner med luftpumper. Dersom næringsstoffer er den begrensende faktoren kan disse også infiltreres i grunnvannstrømmen med hjelp av infiltrasjonsbrønner. Det gjøres oppmerksom på at naturlig nedbrytning kan føre til gassdannelse.

Termisk behandling: Damptrykket til en VOC er temperaturavhengig. Ved å øke temperaturen i jorda over en kort periode er det mulig å stimulere til en rask avdamping som reduserer mengden VOC i jorda. Enkelte naturlige nedbrytningsprosesser kan også fremskyndes ved å øke temperaturen.

3.7 Landskapet som infrastruktur, fra deponi til landskap, strategier

Landskapet har en naturlig funksjon ved at det gjennom bekker og elver fører overvannet til større resipienter. Når dette skjer på overflaten i landskapet, i stedet for i rør, øker biodiversiteten som følge av at nye habitater oppstår. Å bruke landskapet som infrastruktur er altså helt naturlig. Eldre kart kan gi god orientering om hvor bekker og sidebekker tidligere har hatt sine løp. Ved urbanisering

kan de gamle vannveiene være kompliserte å gjenbruke pga. bebyggelse, infrastruktur og store endringer i det originale terrenget.

Landskapet har muligheten til å isolere eller spre en forurensning avhengig av dets oppbygging av geomorfologi, helning og grunnvannsnivåer. Det er derfor av viktig å få en så god oversikt som mulig.

Landskapets oppbygging:

- Topografi
- Hydrologisk nedbørsfelt
- Vegetasjon

I forbindelse med gamle deponi er det sentralt å få en oversikt av landskapets oppbygging under bakken. Dette kan skje gjennom:

- Grunnforhold og geomorfologi (se bla. kvarter geologisk kart NGU).
- Kartlegging av grunnforurensning i kommunens database eller i Miljødirektoratets kartbase: <https://grunnforurensning.miljodirektoratet.no/>
- Grunnvannsforekomst fra kommunens register eller fra nasjonal grunnvannsdatabase Granada (NGU): http://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/

Utfra landskapets premisser: Å lese av hvordan landskapets ulike lag er bygd opp, gir forutsetningene som er nødvendige for å prosjektere på landskapets premisser. Ved urbanisering skaper også de menneskeskapte endringene og installasjonene i landskapet egne utfordringer, som deponi, forurenset grunn, administrative grenser, bebyggelse, infrastruktur og installasjoner.

4. Casebeskrivelse Kjørbekk

Som presentert tidligere ligger det i Kjørbekk en bekkelukning som fører vannet fra overvannsnettets til et helt nedslagsfelt ut i Skienselva. Bekken ble lagt i rør og bekkedalen delvis brukt som deponi. I dette kapittelet gis det en kort presentasjon av forholdene, mulighetene og utfordringene for å iverksette tiltak i Kjørbekk.

Kommunen har startet et prosjekt for å erstatte selve kulverten som fører alt dette vannet med et nytt og robust system som tåler klimaendringer uten at dette kommer i konflikt med deponiet som ligger langs samme trasé hvor vannet går. Prosjektet har vært gjennom en forprosjektfase og reguleringsfase. Detaljprosjektering forventes starte opp parallelt med sluttbehandlingen av reguleringsplanen.

Problematikken er velkjent. Klimaendringer gjør at kapasiteten på overvannsnettets ikke lenger er tilstrekkelig og gamle deponi mer utsatt for lekkasjer. Å bygge robuste løsninger for å hindre flom og spredning fra deponimassene er så kostnadskrevende at man risikerer at problemet utsettes til fremtidige generasjoner.

I Kjørbekk haster det med å oppgradere. Forprosjektet har vist at å åpne bekken og bruke denne som en grønn infrastruktur som drenerer hele nedslagsfeltet er den eneste løsningen som er teknisk mulig. Å legge om fra rør til landskap vil være en prosess over flere tiår, sammenfallende med gjenværende levetid på den gamle kulverten.

Dagens system:

- kan ikke vedlikeholdes
- må tredoble sin kapasitet for å imøtekomme klimaendringer
- har begrenset levetid før det må skiftes ut
- mangler en åpen trygg flomveg gjennom nedslagsfeltet

Systemet må derfor oppgraderes for å kunne sikre kommunale tjenester for evakuering av overvann fra veier og bygninger i nedslagsfeltet, for å kunne vedlike holde systemet og for å kunne håndtere klimaendringer.

Konsekvensene av å ikke gjøre oppgraderingen er svært alvorlig og risikofylt. Hvis den gamle kulverten ikke fungerer vil kommunen ha ansvar for skadene som påføres eiendommene som berøres. Antall bygninger som vil stå uten tilstrekkelige kommunale tjenester er høyt.

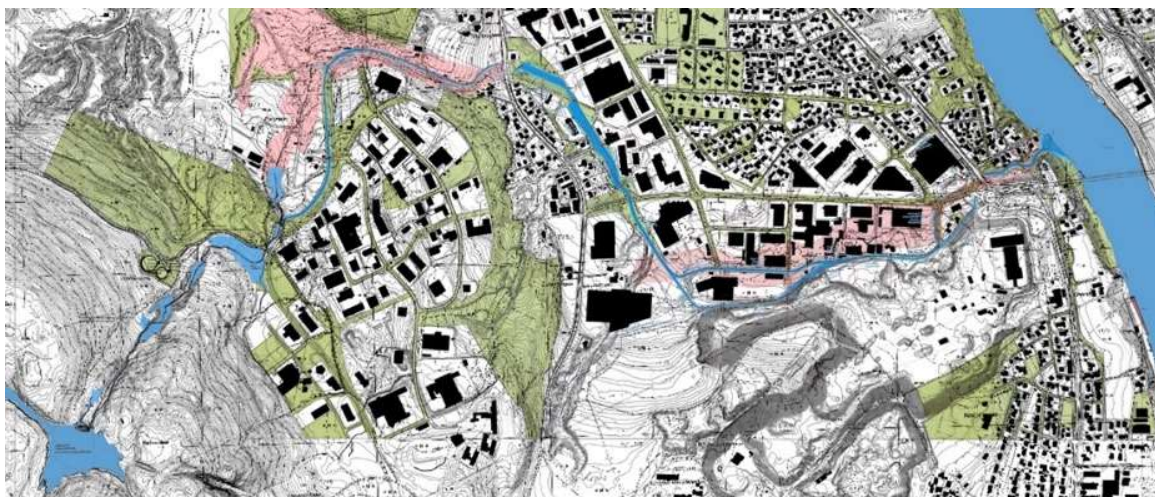
Kommunen har ansvar for å gi tilknytning til offentlig vann og avløpstjenester, i tillegg har kommunen ansvar for å sikre trygge åpne flomveger. Dagens situasjon er en tjeneste med begrenset levetid, som må fornyes og oppgraderes til å øke kapasitet. I tillegg mangler åpen flomveg. Med klimaendringer vil de antatte vannmengdene ved en 200-årsflom berører næringseiendommer, boliger og infrastruktur.

4.1 Bakgrunn problemstilling

Denne rapporten er resultatet av et delprosjekt i Kjørbekk prosjektet som har hatt som mål å se på løsninger for å håndtere forurensede deponimasser ved økt nedbør og klimaendringer med landskapsoppbygging innenfor norsk lovverk på en slik måte at prosjektet er økonomisk gjennomførbart.

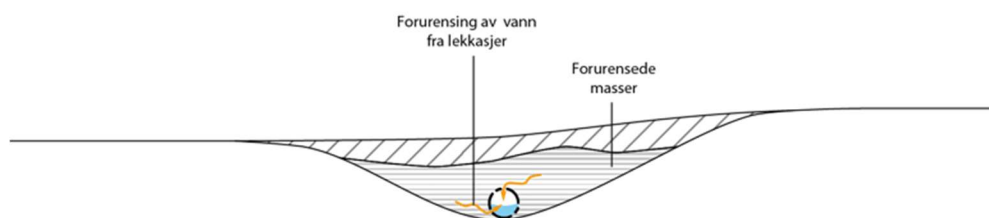
Derfor ser man på alternative løsninger for disponering av gravemasser i avfallsdeponiet. Løsningen som man gjennom delprosjektet har kommet frem til er å erstatte den gamle kulverten med en åpen løsning, en bekk, eller grønn infrastruktur som man har valgt å kalle det. Dette er av tekniske og økonomiske grunner. I tillegg gir en grønn infrastruktur tilleggskvaliteter for naturmangfold, klimatilpasning, bymiljø og friluftsliv.

Da bekkelukkingen av Kjørbekken ble utført i midten av 1900-talet ble bekken lagt i rør i bunn av dalen, og dalen ble delvis fylt opp med søppel. Deponiområdene er markert i rosa i illustrasjonsplanen nedenfor. Kjørbekk I mot Skienselva var aktiv som deponi i perioden 1962-76, og Kjørbekk II i perioden 1975-93.



Figur 23 Deponi i rosa, Kjørbekk I i øst ved Skienselva, Kjørbekk II i vest. Kilde: Worksonland

Vannet fra den tidligere drikkevannskilden ved Hvitstenstjern føres i 3 km i kulvert til Skienselva og går i dag gjennom deponiene Kjørbekk I og Kjørbekk II. Dette fører med seg en risiko siden det rene vannet kan komme i kontakt med deponiet og dermed gi økt produksjon av forurenset sigevann. Kulverten er gammel og utsatt for et økt press på pga. større mengder nedbør som kommer i korte tidsintervaller, som følge av dagens klimaendringer.



Figur 24 Prinsippnitt som viser dagens situasjon med kulvert i dalbunnen og fylling med deponimasser. Kilde: Worksonland

4.2 Kjørbekk den historiske utviklingen

Utviklingen av de seneste tiårene, viser hvordan Kjørbekk utviklet seg fra å være et område med boliger til dagens situasjon med næringsareal og industri. Et historisk kart over området fra 1936 viser urbaniseringen av Kjørbekk med eneboliger. Den viktigere infrastrukturen gjennom området er Porsgrunnsveien. Den nye bebyggelsen ligger parallelt opp mot den på det relativt plane platået vest for veien. Øst for veien heller terrenget ned mot Skienselva. Her er det nesten ingen bebyggelse.



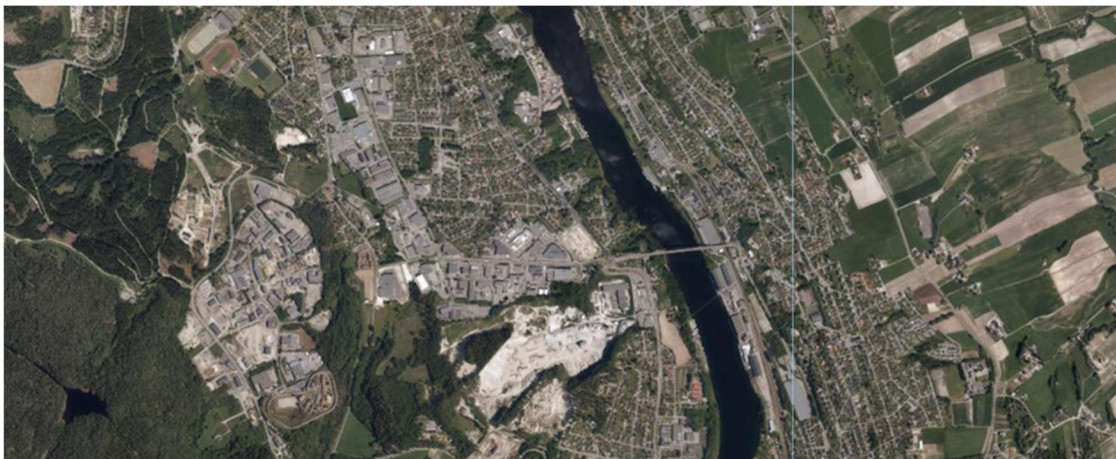
Figur 25 Historisk kart over området fra 1936. Kartet viser urbaniseringen av Kjørbekk med eneboliger. Kilde: Skien kommune

Kjørbekk ble etter hvert etablert som et industriområde, og i nyere tid har utviklingen gått fra et område med produksjon til mer kommersiell virksomhet med storskala kjøpesenter.

De fleste arealene ved Kjørbekkdalen har blitt etablert med virksomhet. Ortofotoene nedenfor viser utviklingen fra 2004-2015. I fotoet fra 2004 er mye av Kjørbekk fortsatt ikke utbygd og består fortsatt av en stor del skog. Foto over Kjørbekk i 2015 viser at området har gått fra å være et skogsområde til å bli fullt utbygget industriområde.



Figur 26 Ortofoto over Kjørbekk i 2004 viser at området fortsatt består av en stor del skog.



Figur 27 Ortofoto over Kjørbekk i 2015 viser betydelig utbygging.

4.3 Deponiene på Kjørbekk

Det er to deponier på Kjørbekk. Kjørbekk I er eldst og ligger nærmest Skienselva.

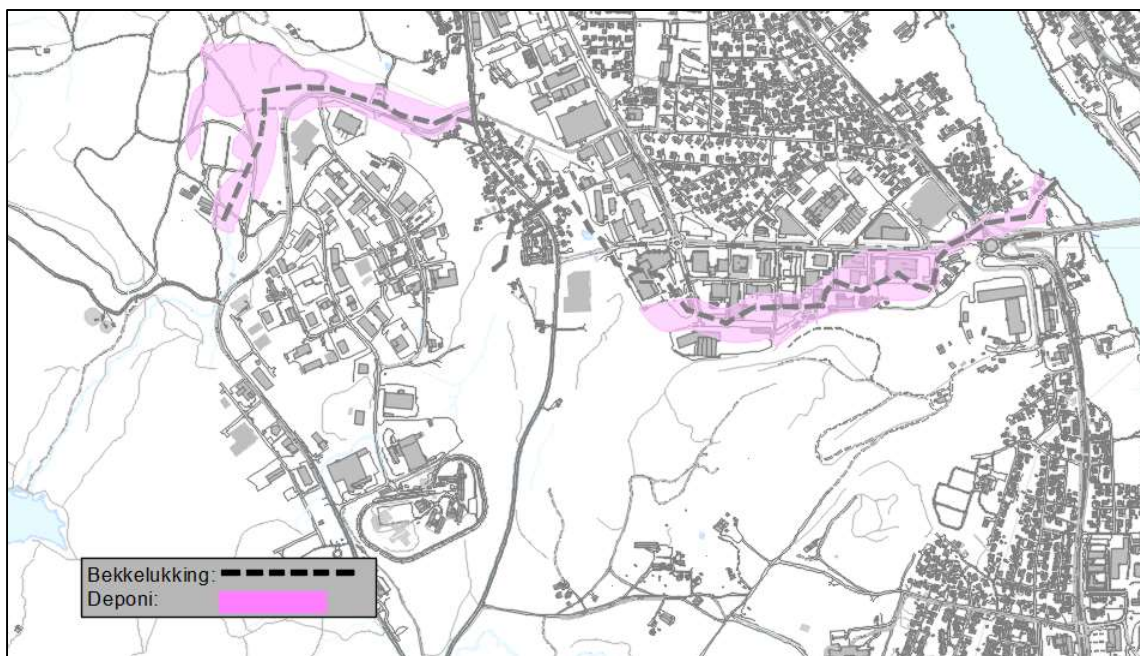
KJØRBEKK I

Kjørbekk I (1962-76) består av husholdningsavfall, spillolje og diverse spesialavfall. Størrelsen er på ca. 85 da, med en dybde på 5-7 m. Overdekkingen er 0,3 – 1,5 m og den er uten bunntetting. I dag dreneres sigevannet til den gamle bekkelukkingen og videre ut mot Skienselva, som er den nærmeste overfalteresipienten.

KJØRBEKK II

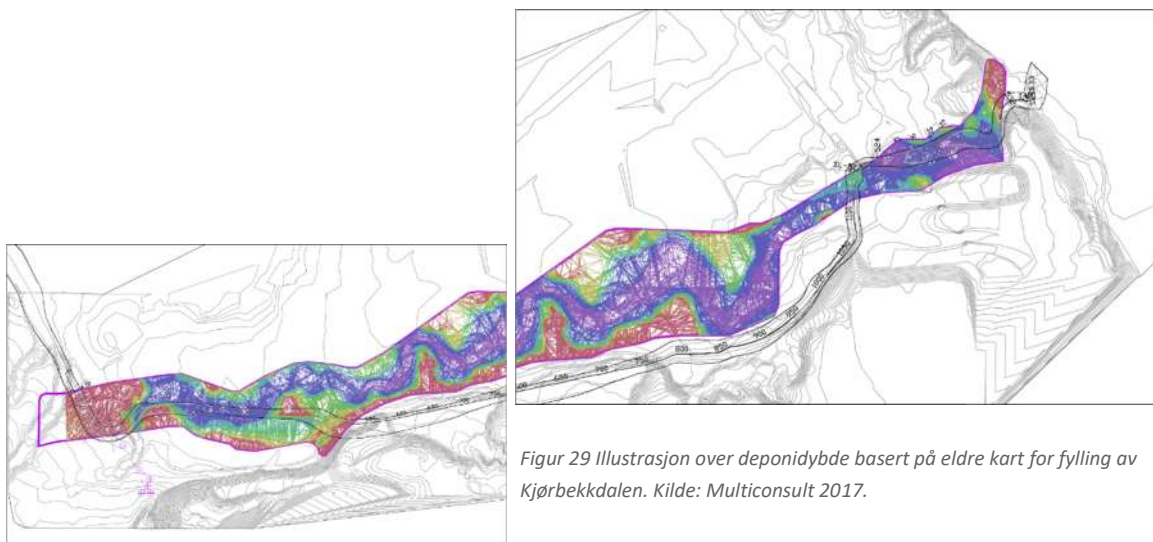
Kjørbekk II (1975 – 93) består også av husholdningsavfall, spillolje og diverse spesialavfall. Størrelsen er på ca. 120 da, med en dybde på 13 m. Overdekningen er 0,5 m. Sigevann samles og ledes til Knardalstrand RA, men det er betydelig lekkasje til den gamle bekkelukkingen. Deponiet har bunntetting, men man vet lite om kvaliteten på denne.

Dagens trasé for vannet fra Hvistenstjern går gjennom deponiet. Kulverten har ikke nok kapasitet til å håndtere de vannmengdene det er behov for, og på grunn av dybden de ligger på er de teknisk krevende og potensielt svært kostbare å vedlikeholde for kommunen på grunn av bevegelse i den ustabile grunnen i deponiet og fordi rørene ligger mye dypere enn anbefalt dybde for denne type rør. Bebyggelse over rørtrasé gjør problemstillingen vanskeligere. Situasjonen innebærer risiko for kommunen som kan ha et betydelig forsikringsansvar hvis rørene i en flomsituasjon ikke tar unna det de skal og privat eiendom og infrastruktur skades.



Figur 28 Markert område viser dagens deponi Kjørbekk II i vest og Kjørbekk I i øst. Den stiplede linjen viser hvor kulvert går igjennom deponiet. I Kjørbekk I sammenfaller deponi og kulvert med industribebyggelsen, før vannet går ut i Skienselva i øst. Kilde: Worksonland

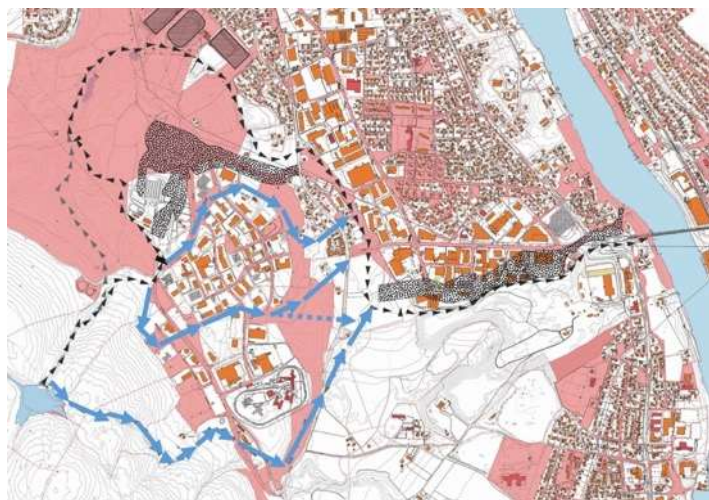
For å gi et estimat av deponimassene er analoge kartdata fra 60-tallet digitalisert. Dette er videre benyttet for å kunne beregne mengden for utskifting av masser. I tillegg er kunnskap om overdekningens tykkelse lagt inn i beregningene. Disse baserer seg på prøveboringer og informasjon fra Skien kommune. Dybdeanalyse av deponiet har vært til hjelp for å omdefinere deponiets utbredelse, samt vise hvor flomkorridoren kan plasseres slik at omfanget av utskifting av forurensede masser blir minst mulig.



Elevations Table			
Number	Minimum Elevation	Maximum Elevation	Color
1	-5.333	0.200	
2	0.200	0.500	
3	0.500	1.000	
4	1.000	2.000	
5	2.000	3.000	
6	3.000	4.000	
7	4.000	8.000	
8	8.000	12.370	

Overvannet og det rene vannet fra Hvitsteintjern må ikke komme i kontakt med deponimassene. Basert på omfanget og dybden på deponiet i forhold til dagens markering, kan det være aktuelt med en alternativ trasé til flomveien. I en tidligere fase ble det gjort en mulighetsstudie for alternative

traseer med tanke på flomvei. Se illustrasjon nedenfor, der er flomvei representert med blå piler og offentlig mark markert i rosa.

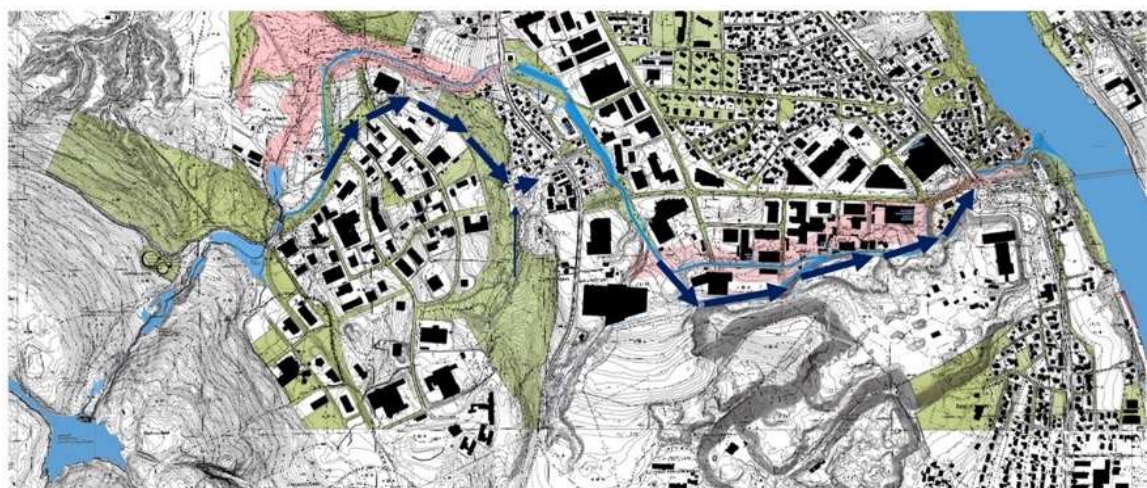


rosa (Fra presentasjon dato: 170615).

Den mest sannsynlige alternative flomveien vises på neste illustrasjon. Denne går over offentlig mark inn på dagens sidebekk (som i dag ligger i rør), og videre ned gjennom Kjørbekkdalen. Denne løsningen har sine utfordringer da den delvis går over fjell, og derfor egner seg dårlig som flomvei. Det finnes også høyspentledninger (kontroller med kart) over samme strekningen.

Figur 30 Illustrasjon viser mulighetsstudie av alternative traseer i forhold til flomvei. Offentlig mark er markert i

Figur 31 Illustrasjonen viser alternative trasé for flomveien som går utenfor indikert område for deponi av Kjørbekk II og til store deler utenfor Kjørbekk I. Kilde: Worksonland



4.3.1 Volumer og kostnadsestimat

Som nevnt ovenfor var et viktig argument for å starte arbeidet med å se på nye tiltak for de antatte kostnadene ved å grave ut og levere så store mengder med forurensede masser til godkjent deponi. Høye kostnader hindrer gjennomføring av prosjekter noe som øker risiko og sårbarhet for skader og økt forurensning fra det eldre deponiet.

Mulitconsult har vurdert mengder og type gravemasser, som vil bli produsert i forbindelse med planlagt bekkåpning basert på dagens kunnskapsgrunnlag. De har også fått i oppgave å utarbeide et overordnet kostnadsestimat for disponering av oppgravde masser med henhold til type masser og disponeringsmuligheter og i henhold til dagens regelverk for disponering av oppgravd avfall/forurenset grunn.

Masseestimerer som legges til grunn for kostnadsberegninger vises oppsummert i tabell 1. Oppsummert må det håndteres rundt 50 000 m³ gravemasser, tilsvarende ca. 60 000 tonn.

Tabell 1: Viser massevolum tatt ut av 3D modellen.

Type gravemasser	Kjørbekk I	Kjørbekk II	VA-traseer	Sum	Sum
Deponimasser/avfall	5 375 m ³	3 259 m ³	Ca. 10 000 m ³	18 634 m ³	10 000 tonn*
Overdekning av jordmasser/forurenset grunn	13 246 m ³	4 055 m ³	ukjent	17 301 m ³	30 000 tonn**
Jordmasser traubunn til historisk terreng / forurenset grunn	10 551 m ³	328 m ³	ukjent	10 879 m ³	20 000 tonn**
Berørt deponiareal	10 747 m ²	4 467 m ²	ukjent	15 214 m ²	

**Rundet tall. Romvekt for avfall varierer stort fra 100 kg/ m³ til over 500 kg/ m³ avhengig av type avfall, komprimering, vanninnhold og nedbrytningsfase. Vi velger derfor å sette romvekt for avfall på 500 kg/ m³ til omregningsformålet.*

***Rundet tall. For jordmasser varierer romvekt mellom 1500 – 1900 kg/ m³ avhengig av innhold sand, leire, porerom, vanninnhold. Vi velger derfor å sette romvekt for jordmasser til 1700 kg/ m³ til omregningsformålet.*

Målet med arbeidet til Muliticonsult har vært å vise kostnader knyttet til ekstern disponering av gravemassene i henhold til dagens forurensingsregelverk, for å kunne lage et beslutningsgrunnlag for vurderinger av kostnadseffektiviteten jamfør alternative tiltak beskrevet i denne rapporten.

Kostnad for transport og disponering av gravemasser i forbindelse med åpning av Kjørbekken inkl. overvåking og nødvendig miljøbistand er grovt estimert til **underkant av 50 mill. NOK eks. mva.** Kostnadsestimatet må anses som svært usikkert på nåværende tidspunkt.

Estimering av deponivolumet viser et stort volum som er vanskelig økonomisk gjennomførbart å frakte bort. Det blir derfor sett på muligheter for at Kjørbekk I, som nå ligger i direkte tilknytning til vann i Skienselva, kan sorteres og klassifiseres. De volumene som klassifiseres som ikke sterkt forurenset blir vurdert for håndtering innenfor tiltaksområdet, på de områder i Kjørbekk II hvor det i dag allerede er bunntetting som muliggjør kontroll av sigevann.

I dagens situasjon ved Kjørbekk I ved Kjørbekks utløp i Skienselva kommer deponiet lettere i kontakt med grunnvann og elva. Dagens kulvert med drikkevann går gjennom deponiet, hvilket øker risikoen for lekkasje av sigevann.

Grunnvann:

Det finnes i dag ikke noe kart som viser et samlet bilde av grunnvannsnivået i Kjørbekkområdet. Gunnar Mosevoll, tidligere leder av vannforsyning og avløp i Skien kommune, gir her et bilde av grunnvannsforholdet i området:

Bakgrunn: For 10 000 år siden var Nedre Telemark et stort smelteområde for innlandsisen. Sandavsetningene på Geiteryggen og Nenset er avsetninger fra breelver. Da det meste av smeltingen i Nedre Telemark var ferdig, kom havet inn. Havet stod den gang høyere enn i dag (nesten helt til toppen av Geiteryggen). Havet skapte rolige strømforhold og brakte med seg saltvann inn til Skien. Da ble det avsatt leire og silt. Pga. at isen ble borte, steg landet. Vi fikk bølgeerosjon og ras fra Geiteryggen. Bekker ble dannet, og de skar seg ned i løsmassene.

Grunnvann: Langs Kjørbekken fra Bjørntvedtvegen og nedover er det et lappeteppe av sand, finsand, silt og leire. Silt og leire fører lite vann, og avsetninger av leire og silt kan skape brå og store forskjeller i grunnvannstanden.

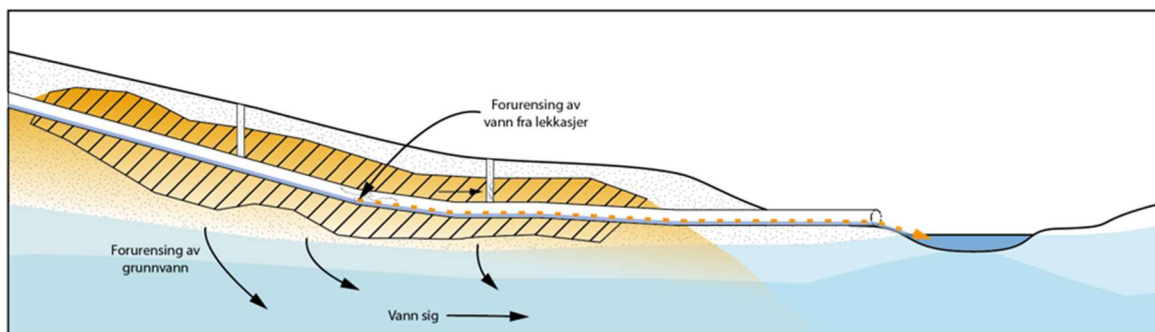
Sjøpelfyllingen i Kjørbekkdalen er drenerende, dvs. grunnvannsstanden står ved overvannskulverten. Det føres grunnvann fra alle kanter fram mot sjøpelfyllingen: Finsanden fører grunnvann. Mange steder i avsetningene av silt og leire er det tynne, vannrette lag av finsand (tykkelse 1 – 2 cm). Finsandlagene fører grunnvann. Enkelte steder er VA-ledningene lagt i pukk. Disse pukkgrøftene kan føre grunnvann.

Sammenfatning grunnvann:

Søkket langs det gamle bekkeleiet styrer i hovedsak grunnvannstanden.

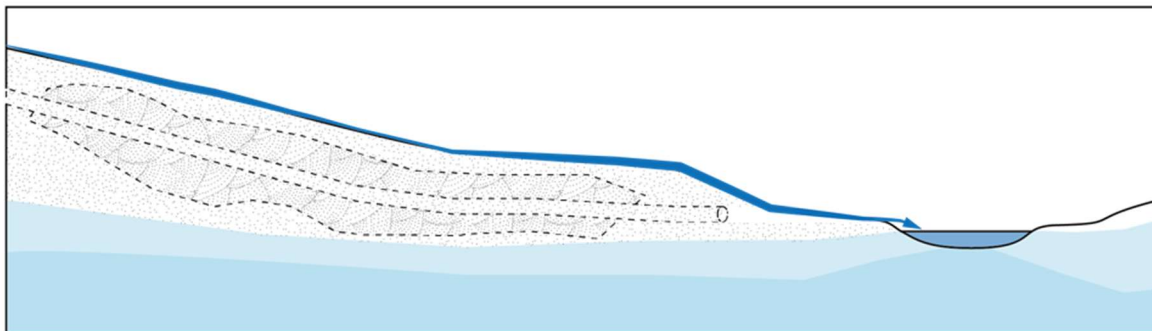
Langs begge sider av det gamle bekkeleiet strømmer til grunnvann.

Avsetninger av leire og silt kan føre til store og brå endringer av grunnvannstanden i finsandavsetningene.



Figur 32 Prinsipp tegning over dagens situasjon ved Kjørbekk I ved bekkens utløp i Skienselva. Her kommer deponiet lettere i kontakt med grunnvann og elva, samt at dagens kulvert med drikkevann går igjennom deponiet. Hvor nøyaktig denne illustrasjonen viser de faktiske forholdene i deponiet vites ikke, da det ikke finnes detaljert oversikt over hvordan deponiet er ordnet under overflaten. Kilde: Worksonland

En fremtidig situasjon der deponiet er gravd opp og overvannet er ledet på bakkenivå ville forbedret miljøsituasjonen.



Figur 33 Prinsipp tegning over fremtidig situasjon der deponiet er gravd opp og overvannet ledes opp på bakkenivå. Kilde: Worksonland

Ved tiltak i Kjørbekk i regi av kommunen ved Skogmo videregående skole ble kostnadsbesparing ved sortering av avfall utprøvd som en del av de vanlige anleggsarbeidet. Sortering medførte at masser som ble levert til deponi fikk redusert kostnadene med 25% sammenlignet med masser som ikke blitt sorterte. Massene ble klassifisert i tilstandsklasse II.

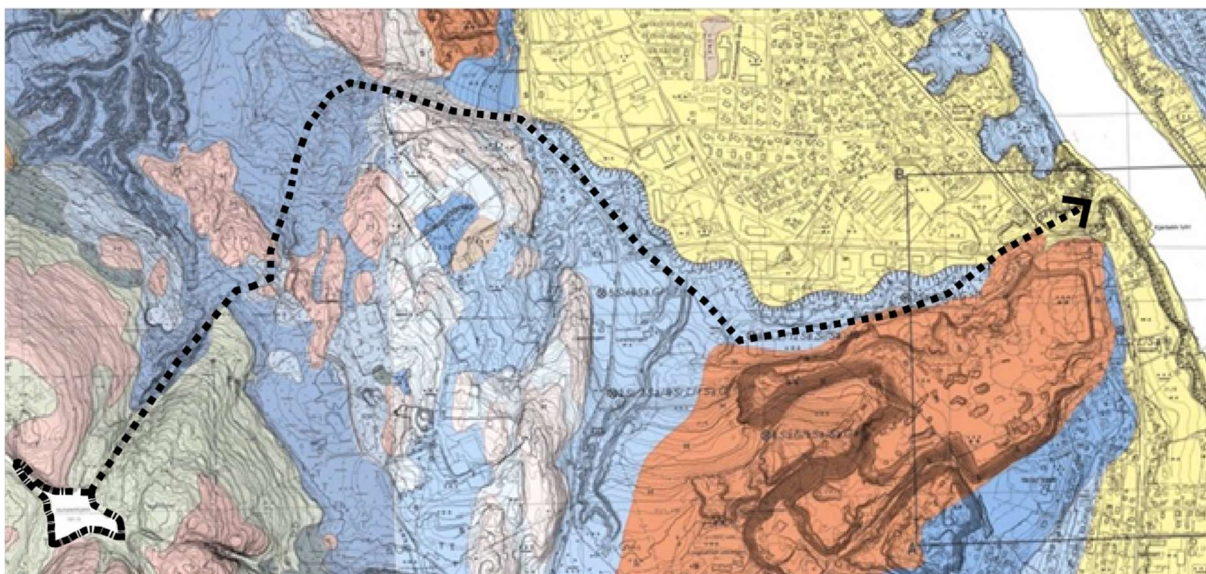
4.4 Kjorbekks utfordringer

Geomorfologien i området gir grunnforutsetninger for overvannshåndteringen og muligheter til infiltrasjon og forandring av terreng.

Hvitsteintjern i vest består av fjell (lys rosa på kartet under) og et tynt, usammenhengende dekke av blandede moreneavsetninger (grønt på kart), og har derfor ikke stor infiltrasjonsevne i dag. Området med bart fjell er delvis dekket med et tynt humuslag og innslag av gran og bjørk. Her er vegetasjonen og skogen viktig for å holde tilbake overvannet.

Nedover etter Hvitsteintjern og fjell renner bekken inn i et område med havavsetninger (blått område på kart) og noen områder med bart fjell. Her brukes marken bla. til dyrka mark.

I Kjorbekkdalen ligger boligområdet og deler av industriområdet på elve- og bekkeavsetninger (markert gult på kart). I dette området kan terrengformen lettere endres og infiltrasjonskapasiteten er bedre enn i starten av nedbørfeltet. Siden dette er i nedre del av nedbørsfeltet må overvannet håndteres slik at det kan holdes tilbake i åpne volumer i stedet for bare infiltrasjon, siden bakken fort kan bli mettet her.



TEGNFORKLARING

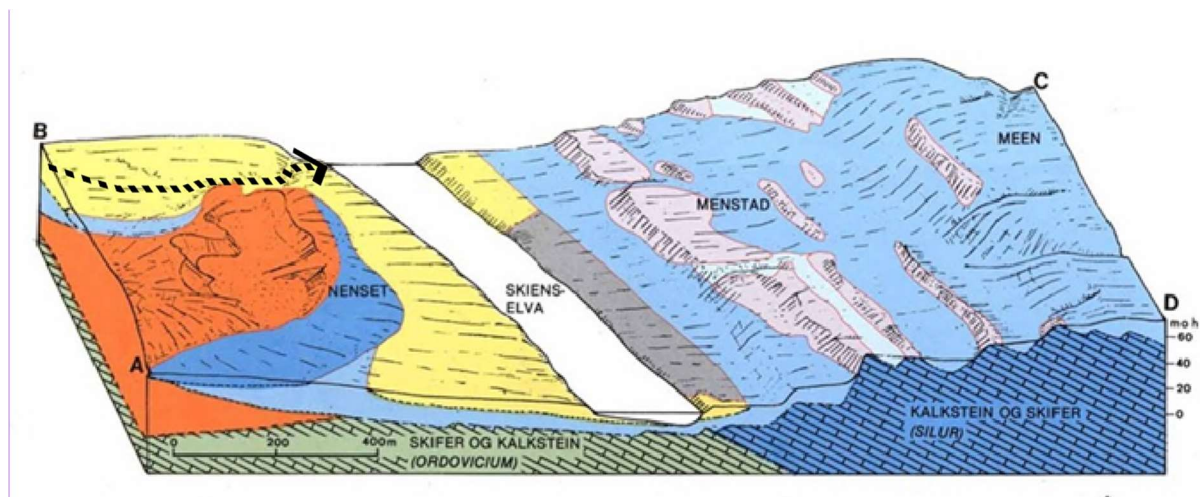
LØSMASSETYPER, MEKTIGHET, KORNSTØRRELSER

- MORENE- BLANDINGS- AVSETNINGER.** Tynt, usammenhengende dekke. Typen kan inneholde morene, nedraat forvittringsmateriale, hav- og strandavsetninger i en slik blanding at det er vanskelig og lite hensiktsmessig å skille dem. I de dype sekkene kan det være havavsetninger med en mektighet på noen få meter, men normalt danner avsetningene et tynt usammenhengende dekke med hyppige fjellblotninger.
- BREELVAVSETNING.** Tykt, sammenhengende dekke. Mer enn 1 m mektig og ofte med betydelig større mektighet.
- ELVE- OG BEKKAVSETNINGER.** Sammenhengende dekke. Vekslande mektighet fra noen 10-talls cm. til flere meter, vanligvis over havavsetninger eller andre løsmassetyper.
- HAVAVSETNING.** Tykt, sammenhengende dekke. Mer enn 1 m mektig og ofte med betydelig større mektighet (flere 10-talls meter). Andre avsetningstyper kan ligge under (f. eks. morene og breelvavsetninger).
- HAV- OG STRANDAVSETNINGER.** Tynt dekke. (Kan inneholde fjellblotninger). Mindre enn 1 m mektig over fjell, lokalt noe større mektighet. Innslag av morene eller forvittringsmateriale kan forekomme lokalt.

- STRANDAVSETNING.** Sammenhengende dekke. Vekslande mektighet, oftest mindre enn 2 m over fjell eller andre løsmassetyper (f. eks. morene eller havavsetninger).
- FORVITTRINGSJORD.** Tynt usammenhengende dekke. (Med fjellblotninger). Mindre enn 0,5 m mektig over fjell, men stedvis i skråninger sammen med råsmateriale mer enn 1 m mektig. Vanligvis betydelig innhold av organisk materiale og lokale innslag av andre avsetningstyper (morene, hav- og strandavsetninger under marin grense). Vanlige kornstørrelser: Silt, sand og grus, noe stein.
- UR.** Liten utbredelse. Kornstørrelse. Blokk og stein, noe silt, sand og grus.
- TORV- OG MYRDANNELSE. (ORGANISK MATERIALE).** Sammenhengende dekke. Mer enn 0,3 m mektig over fjell eller andre løsmassetyper. Ofte har myrområder flere meters mektighet.
- BART FJELL.** «Fjell i dagen» dominerer, men humusdekket over fjell og flekkvis forekomster av andre løsmasser opptrer, helst i tilknytning til berggrunnsforsenkninger.

Figur 34 Geomorfologi i Kjørbekk. Kvartærgeologisk kart Skien BCC 028-10. Illustrasjon Works on land

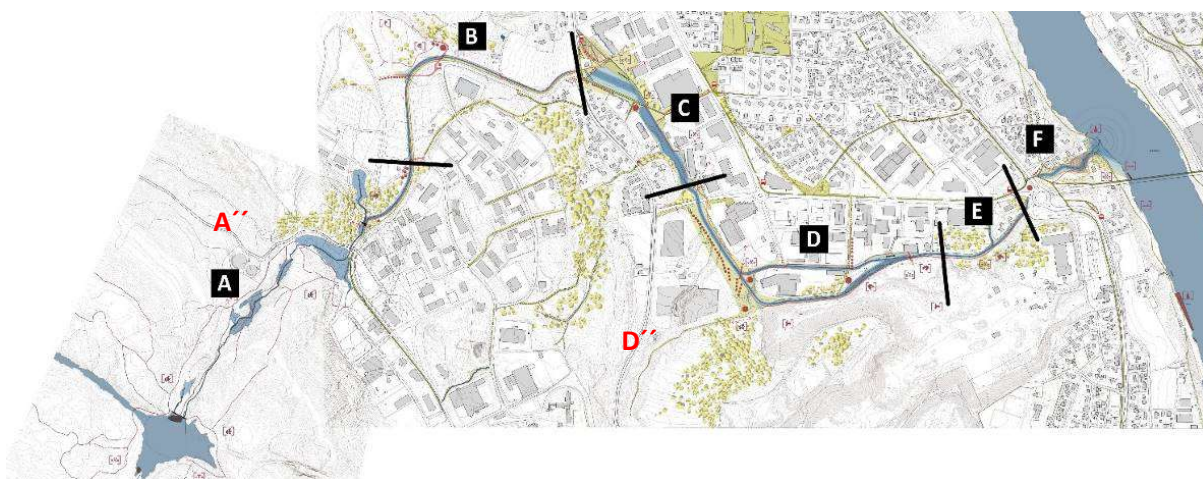
Nenset sandtak tilsvarer området med breelvavsetning (markert rødt i kart). Dette er godt egnet til infiltrasjon og rensing av vann. Dette innebærer at Kjørbekken må bygges opp i dette området slik at vannet ikke forsvinner ned i sandtaket på denne delstrekningen.



Figur 35 Blokkutsnitt over grunnforhold ved Nenset sandtak og Kjørbekkens utmunning mot Skienselva. Illustrasjon Works on land

Stedets karakter:

De fire kilometer lange bekkene har i arbeidet med bekkeåpnings prosjektet Kjørbekk blitt delt inn i seks områder etter deres karakterer og spesielle utfordringer:



Figur 36 Illustrasjon fra forprosjektet 2015. Kartet illustrerer de ulike delstrekingene. Illustrasjon Skien kommune

Det første **området, A**, inkluderer Hvitsteinåsen og Hvitsteintjern. Dette er et skogsområde med sterk helling og fjell med tynt jordlag og høy avrenning. På denne delstrekingen er bekken åpen, det naturlige løpet til Kjørbekken benyttes og området reguleres.

Dammer som kan medføre fare for menneske, miljø og eiendom dersom de bryter sammen, blir klassifisert i konsekvensklasser. Hvitsteintjern som Kjørbekk renner ut fra har blitt hvilke tiltak som skal til for å kunne klassifisere den i den laveste konsekvensklassen. En konsekvensklasse for en dam indikerer hvor stor konsekvens et dambrudd kan ha, og dermed hvor store ressurser damansvarlig er påkrevd å bruke på dammen.

For å forhindre overløp til Jomfrudalen ved eventuelt dambrudd, bør terrenget heves lokalt slik at det ikke passerer rett nordover og ned i Jomfrudalen (se punkt A'' på kart over), siden det her finnes ustabile masser som lett forflyttes av vannet.

Område B utgjør et åpent landskap med dyrka jord, hestegård, deponi (Kjørbekk II) mot vest og det nye industriområdet Rødmyr med storskala industri- og lagerlokaler. Mangel på offentlig grunn er en utfordring i dette området. Bekketraseen passerer sør for Furuheim gjennom gamle Rødmyr vannverk og viser hvordan vannet er blitt håndtert historisk.

Delområde C, fra Bjørntvedtveien og østover, er et flatere terreng. Her brer Kjørbekk industriområde seg ut. Det nye industri- og kommersielle området på Kjørbekk domineres av større bygninger og impermeable markflater, noe som skaper rask avrenning ved regn.

Vest for Bjørntvedtveien ligger større arealer med offentlig grunn, som gir muligheter for et grøntområde og ulike typer friluftsaktiviteter. Området har en utfordring med tanke på trafostasjonen og dens høyspentledninger som går gjennom området både over og under bakken. For å forenkle møtet mellom vannet og ledninger så blir vannet trukket med kanal på denne strekningen, noe som også gjør at man unngår erosjon.

Det kritiske punktet her er krysningen av Kjørbekkdalen, der den kommunale veien skal holdes tørr til og med en 50-årsflom. I hydrologiberegningen har krysningen blitt behandlet med Q200+ klimapåslag som grense. (Se notat 418873-TVF-NOT-01 Flomveg, Høgde Bjørntvedtvegen – Auto XL s.6)

I område D ligger Skogmo videregående skole som åpner seg ut mot Nenset sandtak mot sør og den fremtidige Kjørbekken. Delstrekningen har en problemstilling med høy flomtopp siden tilførsel av sidebekk med stort nedbørfelt kobles til Kjørbekken i denne delen. For å håndtere denne vannmengden er alternativet å øke tverrsnittet ved å okkupere mer næringsareal og derved påvirke andres eiendommer, eller å trekke trasé langs Nenset sandtak, noe som også trekker flomkorridoren lenger bort fra bebyggelsen. Det er også ønskelig å redusere flomtoppen gjennom arealdelen ved å bruke bestemmelser som gjør at vannet holdes tilbake og forsinkes på hver eiendom.

Området der Kjørbekken svinger 90 grader i retning mot Skienselva (markert D'' på kartet over) har en dyp skjæring i terrenget. Ny bebyggelse er planlagt plassert på en plattform som strekkes ut til eiendomsgrensen. Flomveien som ikke kan heves markant, med tanke på andre kryssinger av veiinfrastruktur og VA, får med dette likevel god forankring inn mot nytt terreng. Delstrekningen har også en utfordring med deponi av Kjørbekk I som må bli tatt hensyn til.

I delstrekning E-F er det mulig å trekke inn en fremtidig bekk og flere stier, som her er tilgjengelige fra bussholdeplasser, turstier og eksisterende sykkelstier. Krysset ved rundkjøring ved Menstadbrua har flere alternativer. Det ønskelige er et åpent løp parallelt med gang- og sykkelvei som leder under Porsgrunnsveien, men reguleringsplanen tar også inn muligheten for en styrt boring under rundkjøringa.

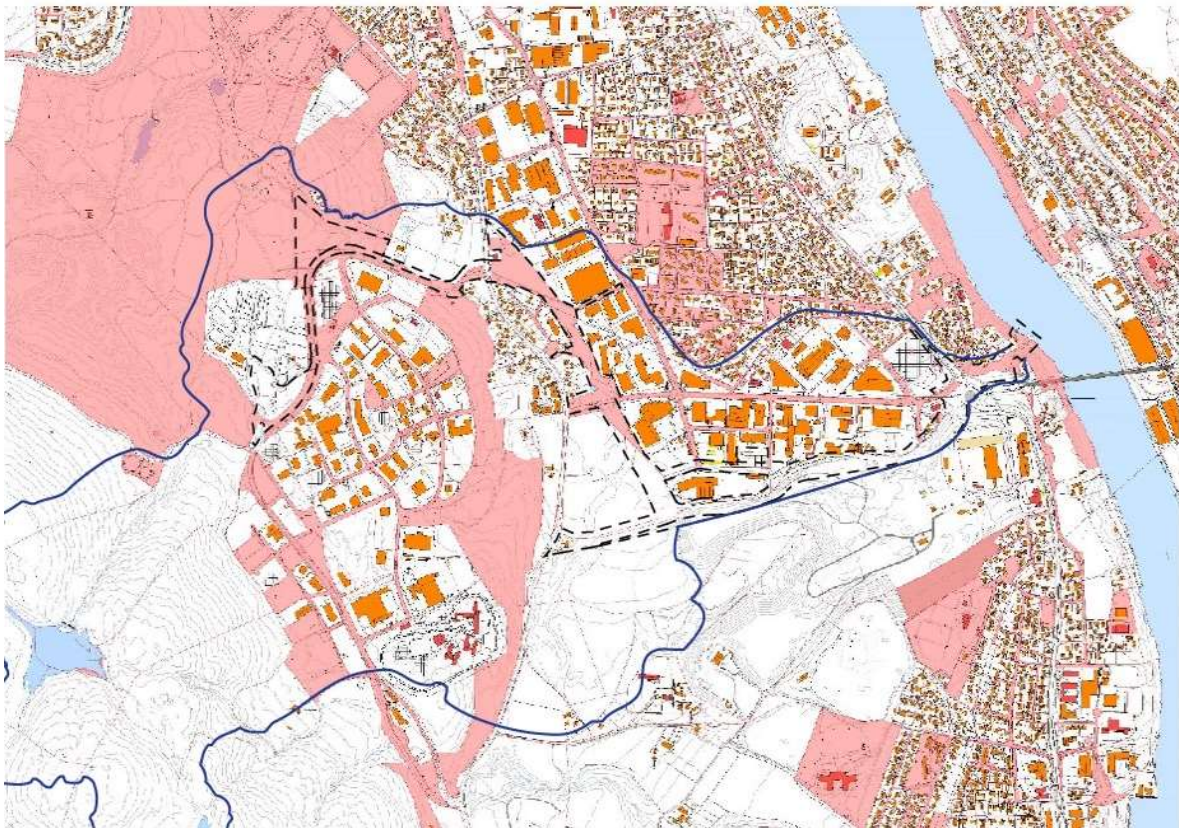
Tre alternativ er blitt utredet for krysningen av Porsgrunnsvegen. Den illustrerte er den mest arealkrevende og fra byutviklingsperspektiv den beste, hvor vannet er synlig og lett å følge slik at det fungerer som en lenke mellom naturområdene. Reguleringsplanen legger imidlertid opp for tre ulike alternativer:

1. Hele flomveien går i en utvidet kulvert under Porsgrunnsvegen
2. Rør gjennom rundkjøring tar bekken med overløp for flom gjennom eksisterende kulvert
3. Eksisterende kulvert tar bekken i rør gjennom rundkjøring og gir overløp til flom

I denne delen er problemstillingen håndtering av deponi nær elven hvor den lett kommer i kontakt med grunnvannet og elven.

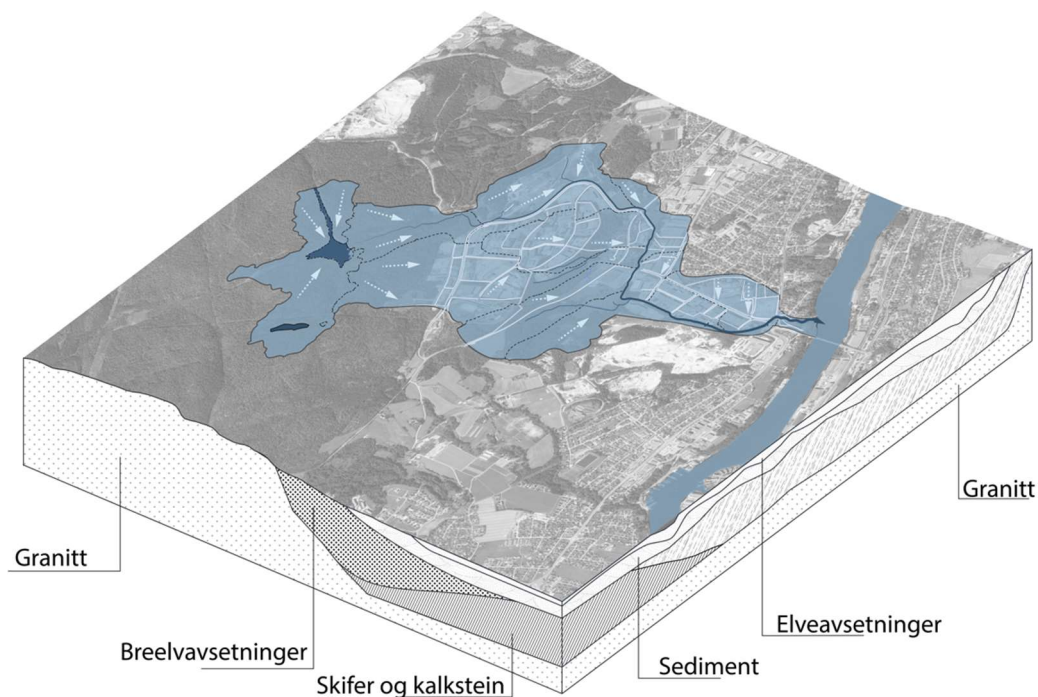
Koblingen mellom Kjørbekken og Skienselva har stor verdi som gyteplass for anadrom laksefisk. Det er her ønskelig å få til 300-400 m med gytegrus av høy kvalitet mellom elven og rundkjøringen. Dette vil gi fiskereproduksjonen tilsvarende 60 % av hele bekkelengdens kapasitet (som normalt standardhabitat) konsentrert på et lite område.

Rensing av vannet er viktig i denne siste etappen ut mot elven. Det er derfor ønskelig at bekkeetraseen gjøres lengst mulig.



Figur 37 Illustrasjon over offentlig og privat mark. Rosa område er offentlig mark i 2015. Stiplet linje viser område for reguleringsplanen og blå linje nedbørfelt.

4.5 Hydrologi



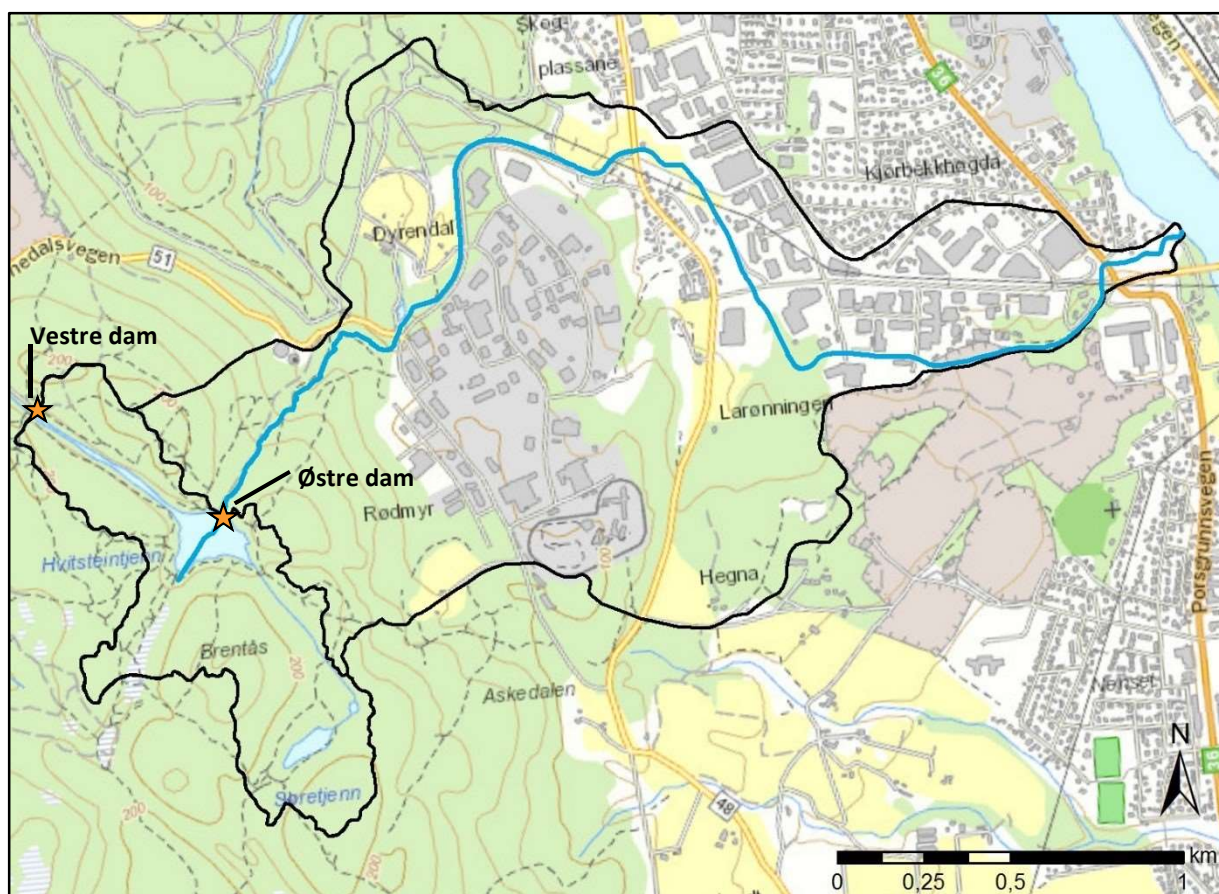
Figur 38 Isometri over nedbørfelt Kjørbekkdalen, totalt 3,11 km².

I dette avsnittet ser vi på de hydrauliske forutsetningene for arbeidet med bekkeåpningsprosjektet på Kjørbekk. Målene for hydrologi er:

- Redusere flomtopp ved at vannet forsinkes og fordrøyes i hele feltet.
- Tredoble kapasiteten til overvannsnett
- Sikre kapasitet og fremkommelighet for vannet i flomveien
- Flomkorridoren som en integrert del av byen
- Forhindre at vannet skaper spredning av forurensing fra deponi og andre forurensningskilder som asfalterte flater
- Sikre gode forhold for naturmangfold (*ecohydraulics*)

4.6 Vassdrag og nedbørfelt

Nedbørfeltet til den nye traséen til Kjørbekken strekker seg fra Røyåsen i vest til Menstadbrua i øst, der bekken renner ut i Skienselva. Feltet til Kjørbekken drenerer mot øst og har et areal på totalt 3,12 km². Lengst oppstrøms i nedbørfeltet ligger Hvitsteintjern, som er demmet opp med en dam i øst og en dam i vest. Hvitsteintjern var tidligere et drikkevannsmagasin, men fungerer i dag som et rekreasjonsområde. Det er overløp kun i den østre dammen, og rett nedstrøms dammen er utspringet til Kjørbekken. Kart over nedbørfeltene er vist i figuren nedenfor.



Figur 39 Oversiktskart for nedbørfelt og ny trasé, Kjørbekken

De øvre delene av nedbørfeltet fram til Rødmyr består utelukkende av tett skog med noe innslag av myr. Fra Rødmyr og østover består nedbørfeltet av skog og innslag av svært urbaniserte områder med mye tette overflater. Spesielt området lengst nedstrøms ved Kjørbeekkhøgda og utløpet i Skienselva er svært urbanisert. Konsentrasjonstiden til nedbørfeltet til Kjørbekken er beregnet i henhold til NVEs retningslinjer (NVE, 2011) og funnet å være ca. 2 timer.

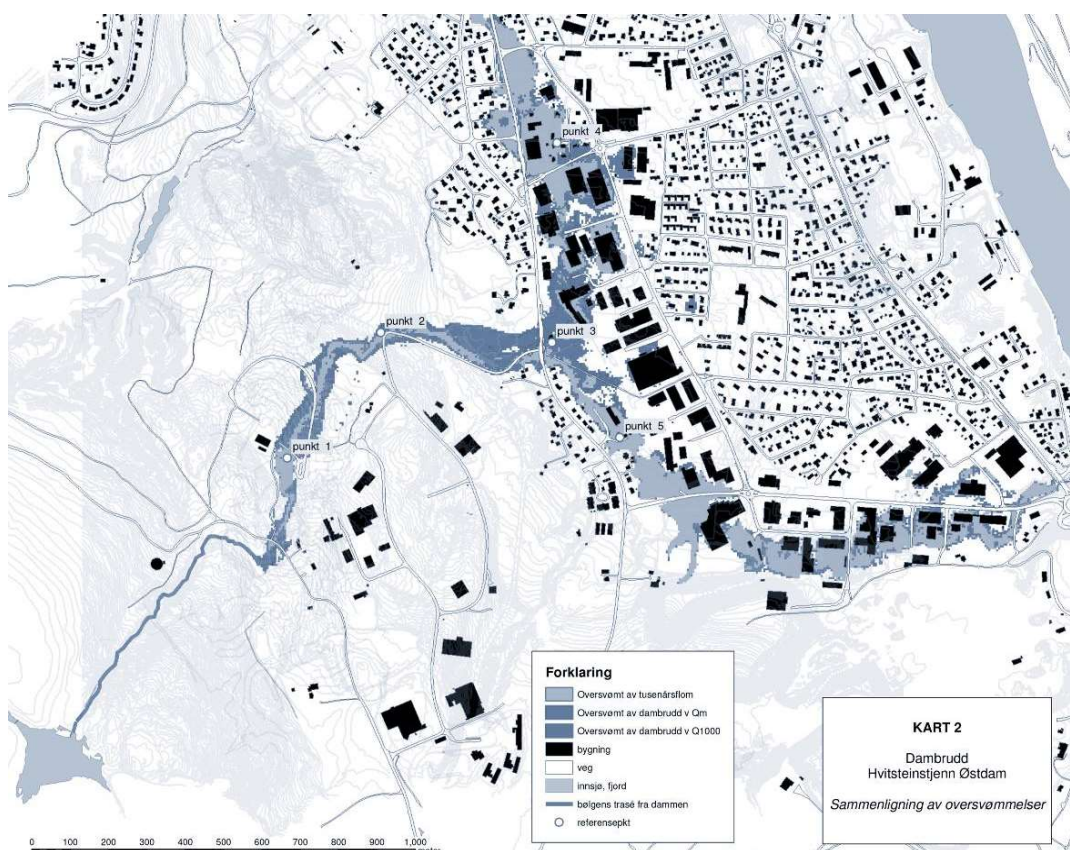
I flomveiene samkjøres blå- og grønnstruktur. Vegetasjonen og filtreringen i det åpne systemet fungerer rensende og forbedrer vannkvaliteten.

Nedbørfeltet til Hvitsteintjern har et areal på 0,55 km², hvilket betyr at tilførselen av vann er begrenset og Kjørbekken beregnes å gå tørr noen dager i året. Siden Hvitsteintjern ikke har et stort nedbørfelt vil man ikke kunne åpne opp for en større vannføring, da dette tømmer tjernet.



Figur 40 Vannføring Kjorbekkdalen (l/s), den gule medianverdien viser at bekken går tørr noen dager i året. Multiconsult in 2017.

I tillegg til flomrisiko, finnes det også risiko for dambrudd fra Hvitsteintjern som vil skade området og berøre de nedlagte deponiene. Under er det laget en skisse basert på dambrudds beregninger.



Figur 41. Illustrasjon over dambruddsberegning utført av Multiconsult i 2007

I tillegg til faren for flom og dambrudd består industriområdet Kjorbekk av store områder med asfalt og store tak. Det er dermed få permeable flater. Kartet under er fra overvannsplanen og viser flater som er mulige å holde vann tilbake for å minske vannmengdene. En andel av disse flatene er i

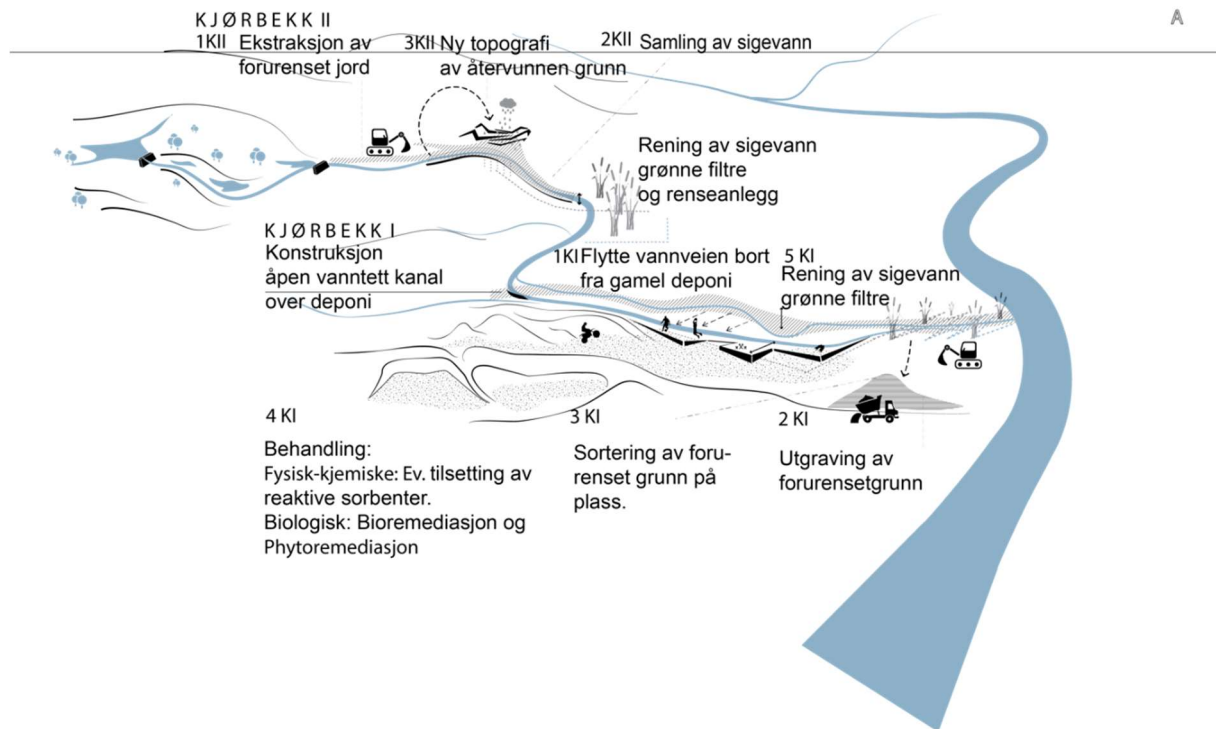
konflikt med deponi, hvor fordrøyning ned i bakken ikke er mulig.



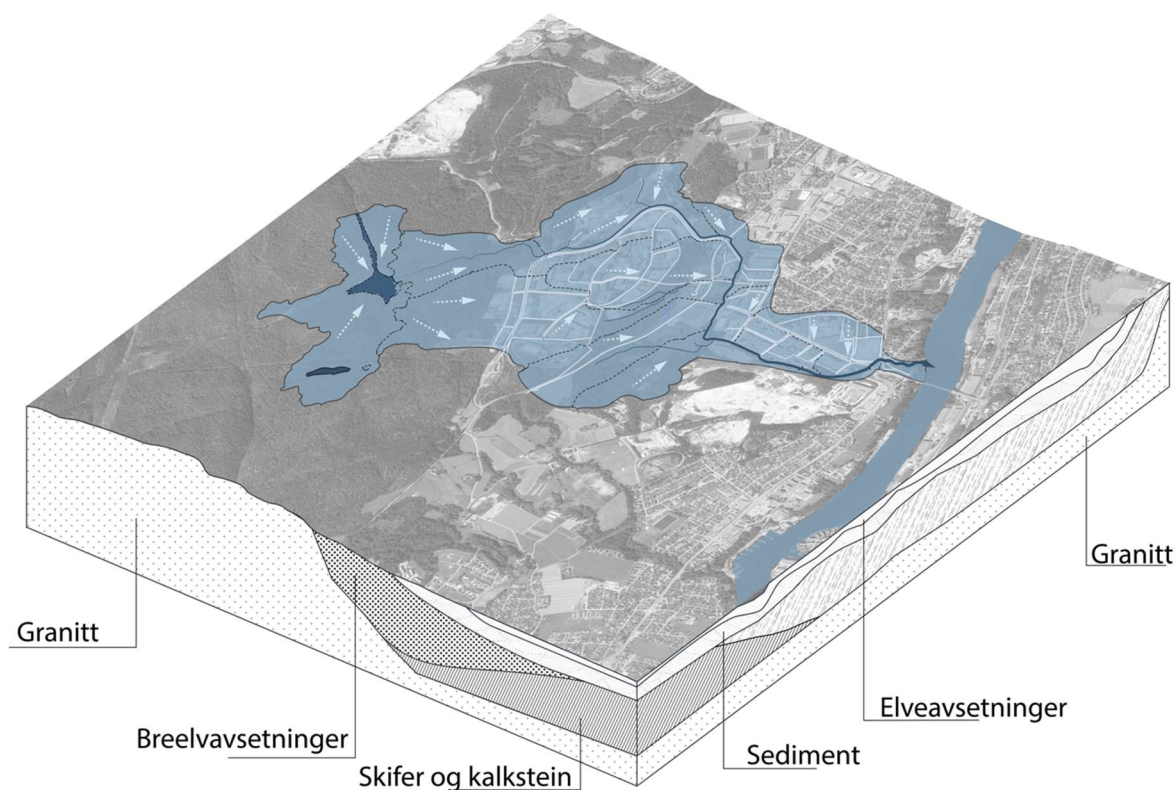
Figur 42 Plan over mulige permeable flater i Kjørbekkdalen.

4.7 Forslag til tiltak i Kjørbekk: redeponering innenfor tiltaksområdet

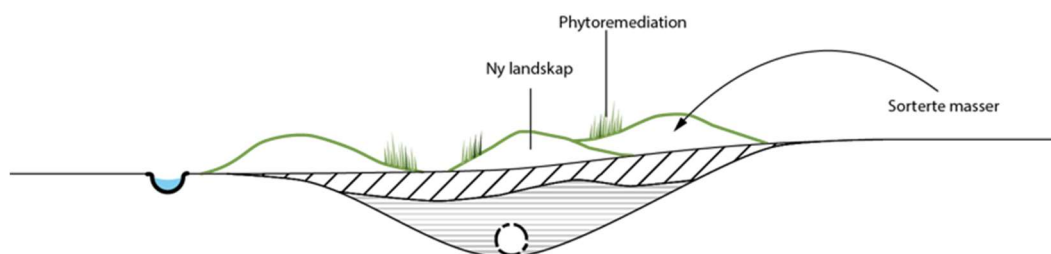
I Norsk kontekst har vi lite erfaring med hvordan bekkeåpninger kan håndteres i forurensede deponimasser. Det er behov for kunnskap om hvilke vurderinger som er nødvendige for å forhindre spredning av forurensing i løpet av de ulike tiltaksfasene; graving, sortering av deponimasser, vurdering av inerte masser eller lett forurensede masser for potensiell gjenbruk og flytting av disse massene internt i tiltaksområdet, samt fjerning av masser uegnet for gjenbruk og levering til godkjent mottak.



Figur 43 Illustrasjon over mulig håndtering av deponi innen eksisterende deponiområde som del av pilotprosjekt.



Figur 44 Landskapsgrep: Skjema for nedslagsfelt, ny blågrønn infrastruktur og bekkeåpning. Kilde: Worksonland

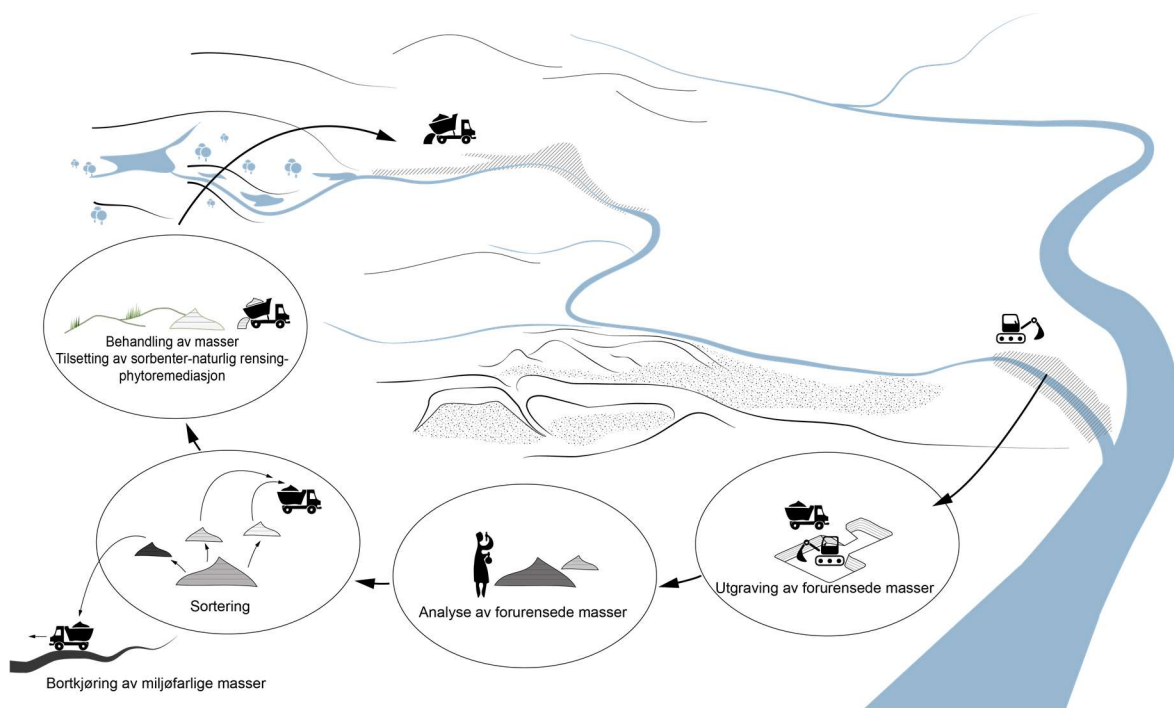


Figur 45 Prinsippsnitt som viser alternativ for fremtidig situasjon med vannvei ved siden av deponi og nytt landskap for håndtering av lett forurensede masser innenfor det gamle deponiområdet Kjørbekk II.

Kjørbekkområdet har hatt en sterk urban utvikling med overvannshåndtering i rør, som det deretter er blitt oppført bebyggelse over. Dette gjør gjenopprettelsen av den opprinnelige situasjonen mer komplisert, og noen ganger må nye traseer vurderes. Muligheten for nye traseer er i området redusert siden Kjørbekkdalen er blitt bebygget på begge sider av den tidligere traseen. Bebyggelsen er delvis blitt oppført både på den gamle bekketraseen og på gammelt deponi.

Dette gjør at landskapsformen må modelleres om, slik at flomkorridoren kan passe inn og også bygges opp i de mer urbane delene hvor bredden er redusert.

Landskapet og dets egenskaper gir muligheter for å håndtere og bryte ned enkelte stoffer i deponiet.



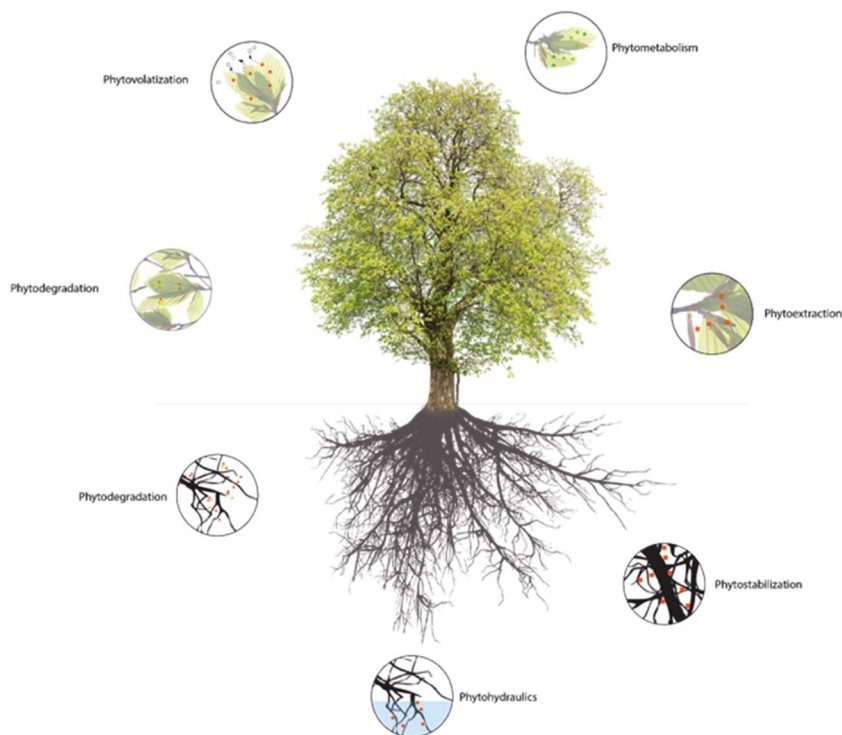
Figur 46 Beskrivelse av prosess: A, Oppgraving og beslutning om hvor massene håndteres og sorteres, B, analyse av forurensing, C sortering av masser i forhold til forurensing, D håndtering av deponimasser med lav forurensningsgrad på plass, E, Bygging av ny

I denne sammenhengen er det relevant å se på hvordan en kan utvikle strategier for håndtering av eldre deponier på en effektiv måte i et klima i endring.

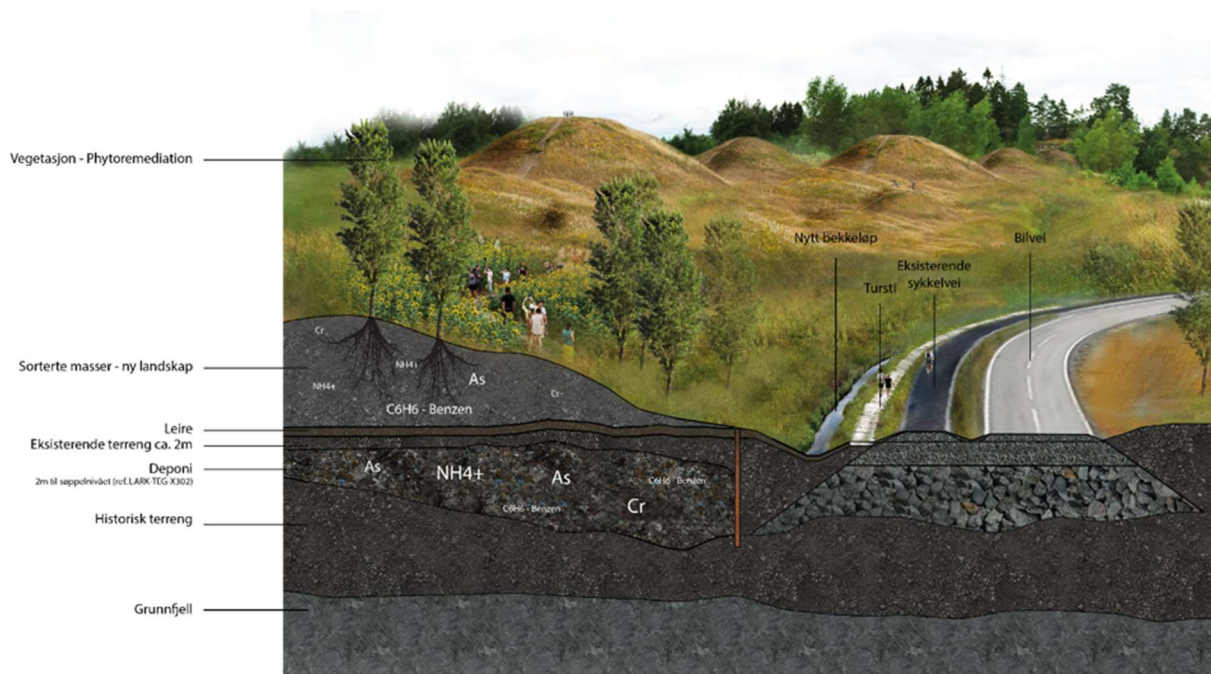
Landskapsoppbygging er et viktig virkemiddel i denne sammenhengen. Dette forprosjektet ser på løsninger for å håndtere forurensede deponimasser ved økt nedbør og klimaendringer med landskapsoppbygging. Bygging av nytt landskap vil kunne ha en aktiv funksjon for å isolere, forhindre spredning av forurensing og sikre god vannkvalitet for grunnvann og vassdrag.

For å få en bedre oversikt over kommunens grunnforhold er det viktig å samle all informasjonen om grunnforholdene som fås gjennom ulike prosjekt, både private og offentlige utbygginger. Dette er av ekstra stor verdi i urbane områder der grunnen er heterogen på grunn av ulike aktiviteter gjennom årene, og ellers vanskelig å forutse komposisjon til.

Ved håndtering av deponimasser lokalt vil det bli undersøkt i studieprosjekter som har lignende problemstillinger som Kjørbekk; hvilken type teknikk som er blitt brukt for å redusere forurensingen, fysisk-kjemisk, biologisk eller termisk etc., og hvilke effekter disse har hatt over tid. Bildet nedenfor viser vegetasjonens ulike muligheter til å bryte ned eller binde forskjellige stoffer gjennom fytoremediering.



Figur 47 Illustrasjon av fytoformasjon og vegetasjonens evne til å bryte ned og binde stoffer. Dette verktøyet fungerer godt med få og lette kjemikaler i jordsmonnet, men på et område med flere tunge kjemikaler er dette ikke den mest egnede løsningen.



Figur 48 Illustrasjonen viser mulig tiltak der deponi avskjermes og ny vannvei isoleres og ledes parallelt. Denne illustrasjonen er ment som en prinsipiell tolkning og må ikke kopieres på stedet før man har gjort mer detaljerte undersøkelser. Illustrasjon: Worksonland

5. Oppsummering og konklusjon

5.1 Muligheter ved å bruke landskap som aktiv infrastruktur for å løse tekniske problemstillinger i et klimaperspektiv

Måten en modellerer og gir form til landskapet – hvilken type jordlag som blir brukt, grad av permeabilitet, helningsgrad, type vegetasjon som blir plantet – transformerer landskapet til en infrastruktur. Denne infrastrukturen er effektiv til å lede vann fra enkelte områder, hindre vann fra å trenge inn i grunnen, og øke vannets kapasitet og fleksibilitet, for eksempel ved bruk av dammer. Landskapet kan også rense forurenset vann, hindre forurensing fra å påvirke grunnvannet, samle klimagasser som kan brukes til produksjon av energi, og starte prosessen med å restaurere et depravert område. Denne mangfoldige bruken av landskapet kan oppnås enten gjennom organiske/naturlige former, som sett på Grønmo, eller gjennom mer organiserte system hvor alle aspekter blir løst gjennom samme logikk, som tilfellet på El Garraf. Det å bruke landskapet som infrastruktur er særlig viktig nå, med de større utfordringene som kommer som følge av klimaendringene.

Analyse av de ulike case studiene viser at de alle har egne forutsetninger, utfordringer og bakgrunner, men likevel har et felles mål om å lukke og stabilisere deponimassene og å separere rent og forurenset vann. Dette er for å unngå infiltrasjon av rent vann inn i deponiet og produksjonen av forurenset sigevann.

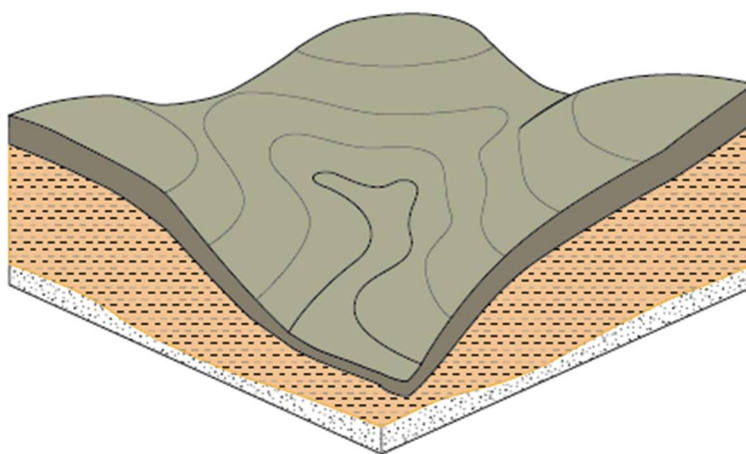
Strategiene, som i forskjellige kombinasjoner ble brukt i casene, tar i betraktning åtte ulike aspekter:

1. Topografi og landskapsmodellering.

Alle casene utvikler topografien til å lukke og stabilisere avfallsmassene. Ved å forsegle og impermeabilisere avfallsmassene, samt å modellere et nytt landskap, ledes overvannet bort fra deponiet så fort som mulig for å unngå infiltrasjon og kontakt med deponiet, for slik å minimere sigevannsvolumet.

Landskapet beveger seg og setninger forekommer som følge av nedbrytningsprosesser av organisk materiale. Landskapsformingen må derfor bygge konkave former som fører vannet bort.

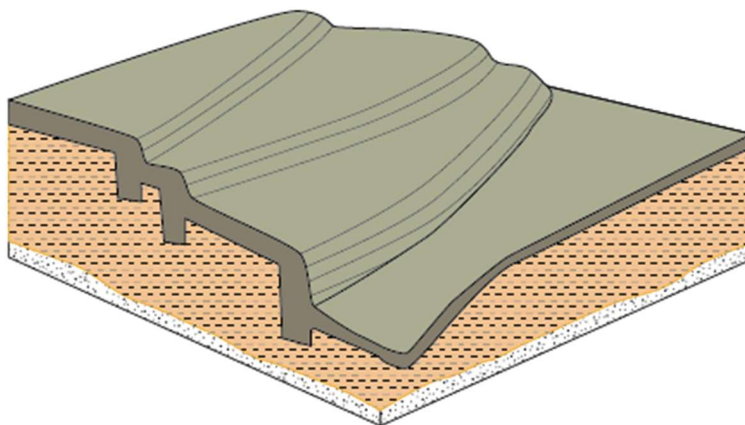
i. Arrondering.



Figur 49 Illustrasjon Works on land/ Elisabeth Sjødahl

Som vi har sett i Grønmo er den første strategien å arrondere terrenget. I dette tilfellet ble faser av drift og delområder lukket med konkave toppdekker, med helninger på minst 5% som sørger for at vannet føres bort.

ii. Terrassering.



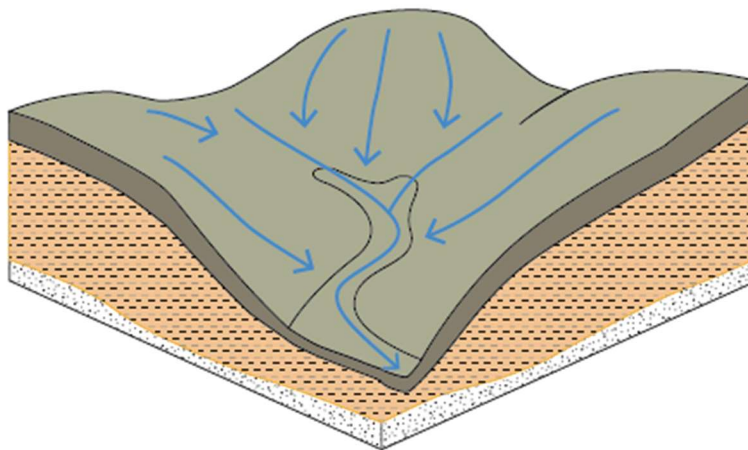
Figur 50 Illustrasjon Works on land/ Elisabeth Sjødahl

Som i tilfellet med El Garraf kan modelleringen av terrenget over deponiet følge et system av terrasser. Tilpasset til forholdene på stedet kan denne strukturen ikke bare stabilisere terrenget og minimere fare for erosjon, men være en logikk som håndterer andre faktorer; overvannshåndtering, gassutvinning og adkomstveier.

2. Å føre regnvann bort fra deponiet.

Hovedfokuset for landskapsmodelleringen har vært å føre det rene overvannet som faller på området bort fra deponiet så fort som mulig, for å unngå infiltrasjon av vannet ned i deponimassene og å minimere produksjonen av sigevann.

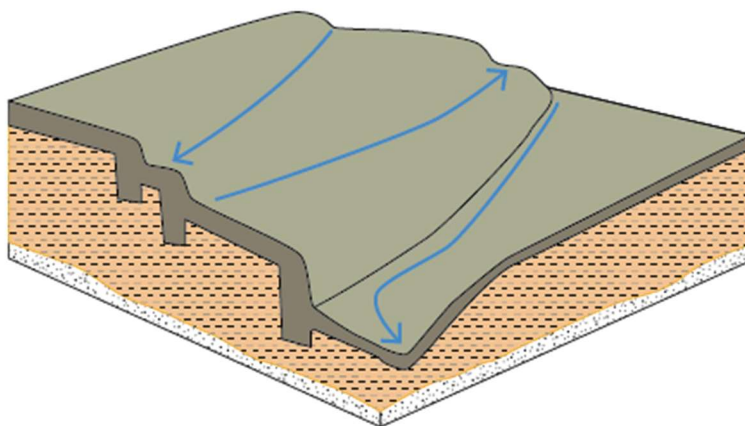
i. Konkav utforming.



Figur 51 Illustrasjon Works on land/ Elisabeth Sjødahl

I de arronderte konkave formene, som vi har sett på Grønmo, følger vannet helningene i det nye terrenget. Grøfter i omkretsen av hver konkave form leder vannet ut av deponiområdet.

ii. Grøfter.



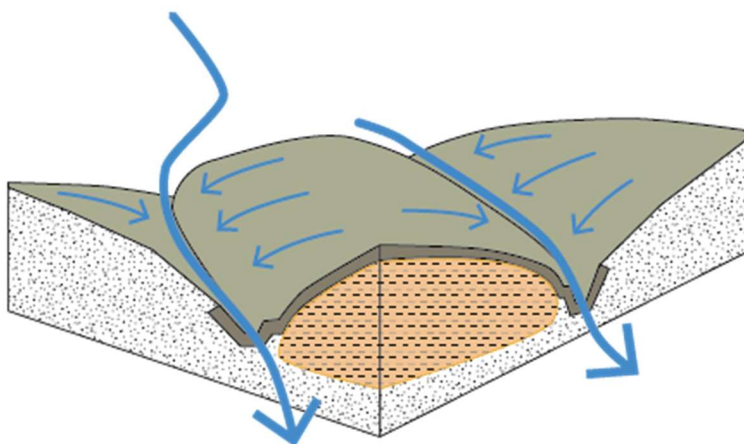
Figur 52 Illustrasjon Works on land/ Elisabeth Sjødahl

I tilfeller som El Garraf, hvor et system av terrasser blir tatt i bruk, har hver terrasse en grøft som samler vannet fra terrassen og effektivt leder det bort fra deponiet.

3. Unngå at vann fra omgivelsene trenger inn i deponiet.

Det er viktig å unngå at vann fra de omkringliggende områdene kommer i kontakt med deponiet. To hovedstrategier ble tatt i bruk:

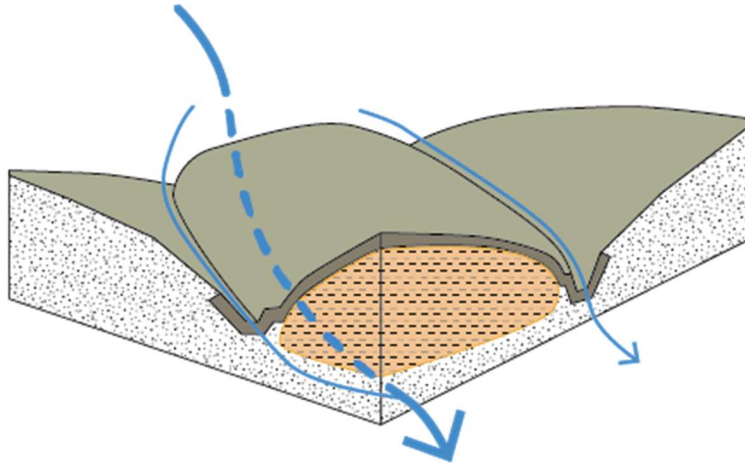
i. Avskjærende grøfter for overvann.



Figur 53 Illustrasjon Works on land/ Elisabeth Sjødahl

Et system med avskjærende grøfter som følger periferien til deponiet fungerer både som oppsamling av overvannet inne i deponiet og oppsamling av vannet fra områdene utenfor. Dette forhindrer at overvannet fra utsiden av deponiet blir forurensset og gjort om til sigevann. Grøftene ble i de fleste tilfellene utformet som bekker som gav økt landskapskvalitet til prosjektet.

ii. utfordringer ved å føre overvann i rør.



Figur 54 Illustrasjon Works on land/ Elisabeth Sjødahl

Mesteparten av bekkene i case studiene ble lagt i rør da deponiene ble etablerte. I dag er mange av rørene brukt på flere steder som følge av alder og setninger i massene, de har lekkasjer og/eller har prognoser som viser at de ikke har kapasitet til å håndtere fremtidens nedbørsmengder. Som i tilfellet i Rommen vurderer mange kommuner i dag å gjenåpne de lukkede bekkene som åpne overvannsgrøfter rundt deponiene.

I noen tilfeller, som i Grønmo, har forandringene i topografien vært så store at det ikke lenger er mulig å åpne de gamle bekkeløpene. For lite fall på overflaten gjør så bekken må fortsette å renne i rør. For å tette lekkasjene har man her benyttet en strømpe, som fungerer som et rør inne i røret.

4. Behandle sigevann.

Et hovedfokus under lukkingen av deponiene har vært reduseringen av volumet og nivåene av sigevann, som en måte å minimere risikoen for ukontrollerte lekkasjer av sigevann som forurensrer de omkringliggende områdene. En annen grunn er at høye nivåer av sigevann er uheldig for produksjonen av gass.

i. Oppsamling av sigevann.

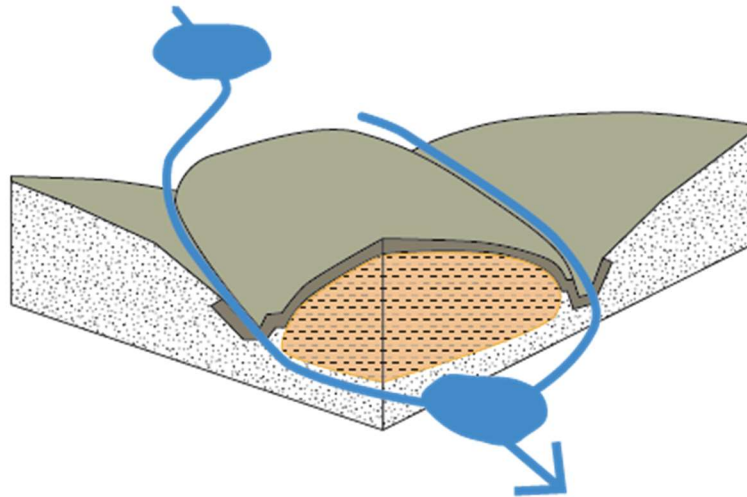
Sigevann som føres direkte til avløpsnettets uten å bli behandlet først, kan bli omdirigert med pumper så det blir samlet i det lokale renseanlegget.

ii. Lokal rensing av sigevann.

5. Gi mer kapasitet / fleksibilitet til overvann og bekkelukkingssystemer.

For å komplettere og øke kapasiteten til vannveiene, har mesteparten av de analyserte områdene inkorporert systemer for rent vann:

i. Bruk av dammer.



Figur 55 Illustrasjon Works on land/ Elisabeth Sjødahl

På deponiet på Grønmo har man lagt til flere dammer langs de avskjærende grøftene før vannet når resipienten Raumbekken, for å sørge for at grøftene kan håndtere de nye endringene i klima gjennom episoder med større mengder nedbør. I Garraf blir vannet fra disse bassengene brukt til å vanne jordbruksområdene på deponiet.

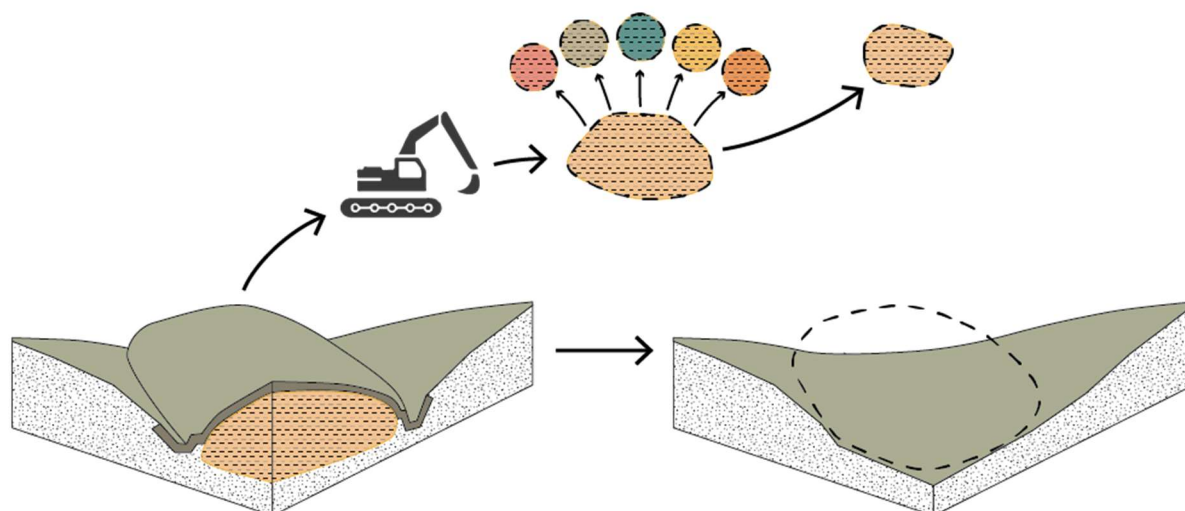
ii. Kombinering av system.

I noen tilfeller kombineres de to systemene av grøfter på overflaten og lukking av bekkeløp. Dette gjør så man kan bytte mellom å føre vannet på overflaten eller under bakken, avhengig av vedlikeholds nivået, risiko for forurensing, store mengder av nedbør osv.

6. Grave ut deponiet.

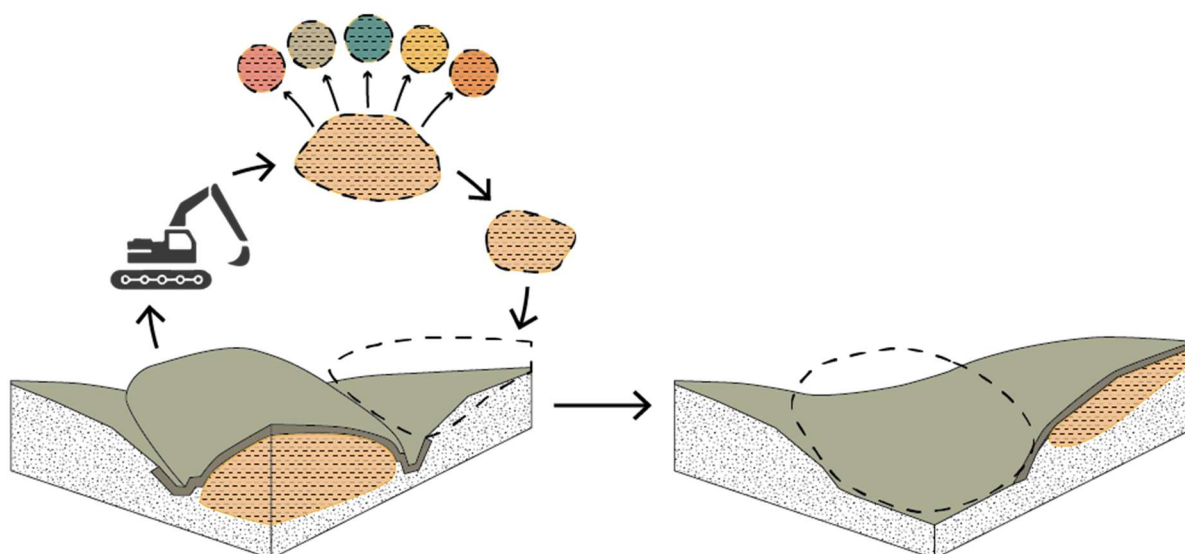
Strategiene som er analysert hittil løser konfliktene som oppstår mellom deponiområdene og overvannet, ved å føre vannet bort fra deponiet. En annen strategi vil være i stedet å fjerne deponimassene fra området. Ved "landfill mining" gjøres en oppgraving der massene sorteres og om mulig gjenbrukes. Ved "landfill moving" analyseres massene og de med lav forurensningsgrad gjenbrukes lokalt for å skape nytt landskap.

i. Landfill mining



Figur 56 Illustrasjon Works on land/ Elisabeth Sjødahl

ii. Landfill moving

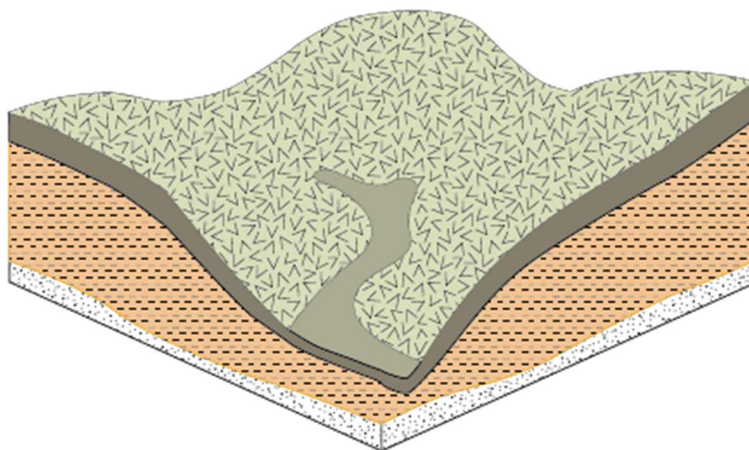


Figur 57 Illustrasjon Works on land/ Elisabeth Sjødahl

7. Fra deponi til landskap.

i. Naturlig vegetasjon.

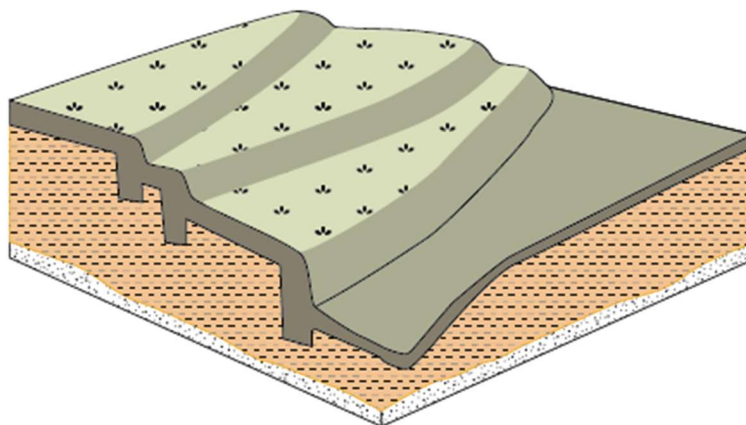
Vegetasjonen på deponiet er viktig for å stabilisere toppdekket og redusere erosjonen av regn, vind og ved bruk av området for rekreasjon. Stedegen vegetasjon skaper relativt lavt vedlikehold. Det går også å dyrke eksempelvis energiskog, men med større trær risikerer røttene å gå igjennom toppdekket og kan skape infiltrasjon og mer sigevann.



Figur 58 Illustrasjon Works on land/ Elisabeth Sjødahl

ii. Nyttelandskap som første fase for å starte naturlige prosesser.

Terrassering er et tradisjonelt landbruksiltak for å redusere erosjon og stabilisere terrenget (brukt i eksemplet fra Garraf over). Den fungerer som en armering av deponiet og er et tiltak for å unngå at ustabile masser kollapser. Dyrking kan brukes for å regenerere masser og skape bedre jordkvaliteter på deponiets toppsjikt.



Figur 59 Illustrasjon Works on land/ Elisabeth Sjødahl

8. Fra deponi til landskap: ulik bruk.

Prosesen med å rehabilitere gamle, nedlagte deponier, og transformere de til offentlige parker eller åpne uteområder, tar tid.

i. Offentlig tilgjengelige parker.

Som vi har sett i Fresh Kills og Bens kan det være nyttig å planlegge ulike faser for restaurering, hvor større tiltak først blir samlet i ett område; rydding av plassen, stabilisering av setninger, kontrollering av gassutslipp, gjenoppretting av den naturlige biodiversiteten osv. Dette gjør det mulig at området kan åpnes for offentlige aktiviteter, sport og kultur.

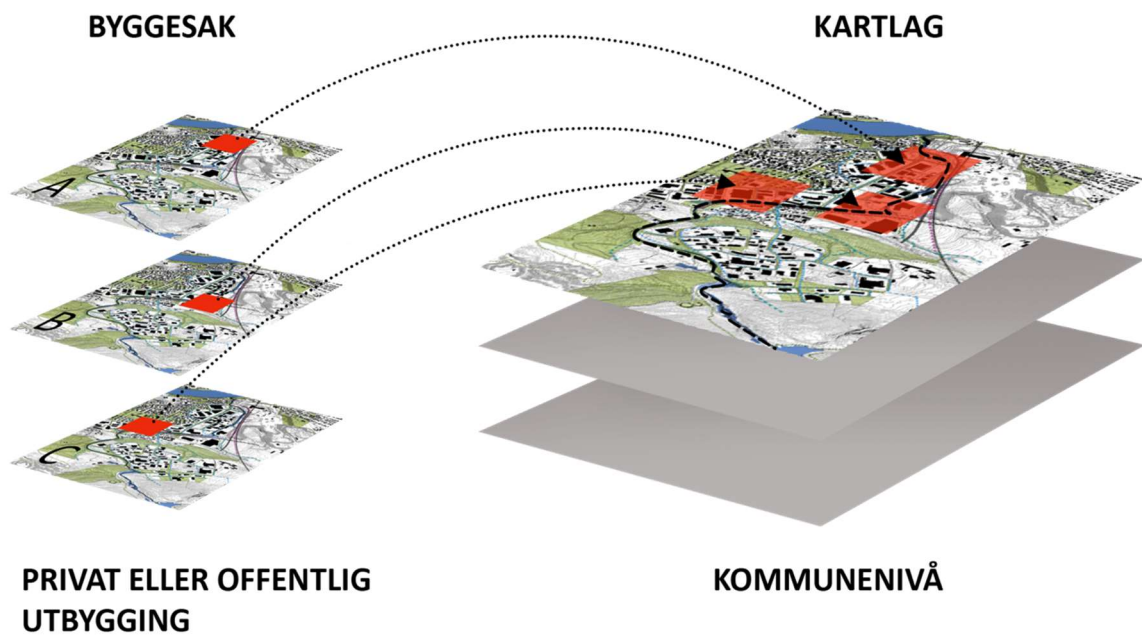
ii. Ikke tilgjengelige arealer.

Noen områder, som i tilfellet på Bens, gjennomgår prosesser med setninger og gassproduksjon som trenger å bli stabilisert. Derfor holdes områdene lukket. Ettersom tiden går vil flere og flere av arealene bli tilgjengelige for offentlig bruk.

5.2 Vurderinger som har stor overføringsverdi til andre kommuner i Norge med lignende problemstillinger

5.2.1 Kartlegging

For å få en bedre oversikt over kommunens grunnforhold er det viktig å samle all informasjon om undergrunnen som er tilgjengelig gjennom ulike prosjekter, både private og offentlige utbygginger. Dette er særlig viktig i urbane områder der det er vanskelig å forutse grunnens sammensetning og heterogenitet.



Figur 60 Illustrasjon Works on land/ Elisabeth Sjødahl

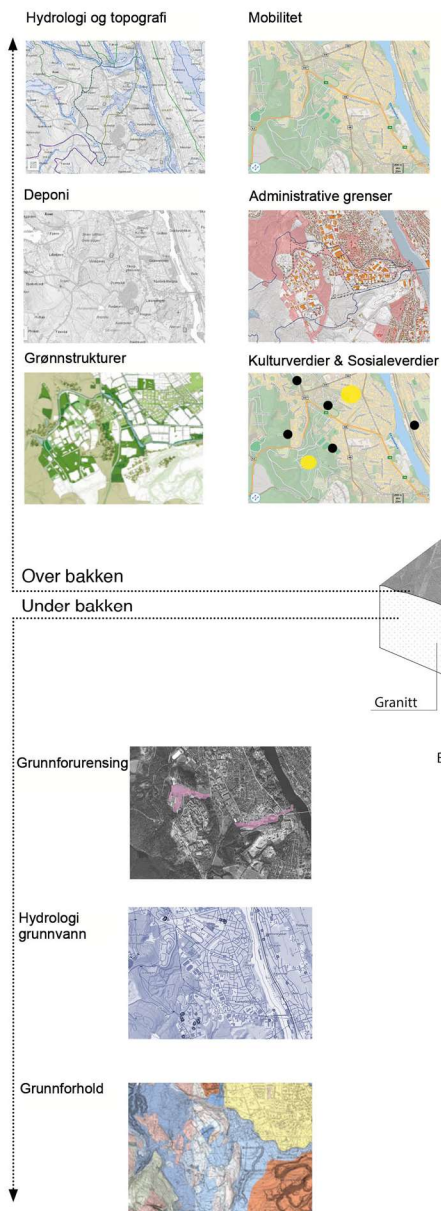
5.2.2 Planlegging

Erfaringene fra eldre deponier tilsier at de ofte byr på uforutsigbarheter, både med tanke på innhold og omfang. Det er derfor viktig å arbeide fleksibelt i planleggingen. Om det som først blir sett på som den beste løsningen viser seg umulig å gjennomføre, bør det være planlagt andre løsninger som kan brukes som alternativ. Med en overvannsplan som tar inn hele nedbørsfeltet, kan det være mulig å finne alternative veier for vannet høyre opp i nedbørsfeltet.

5.2.3 Overordnet arbeidsprosess for planlegging håndtering av overvann i konflikt med forurenset grunn

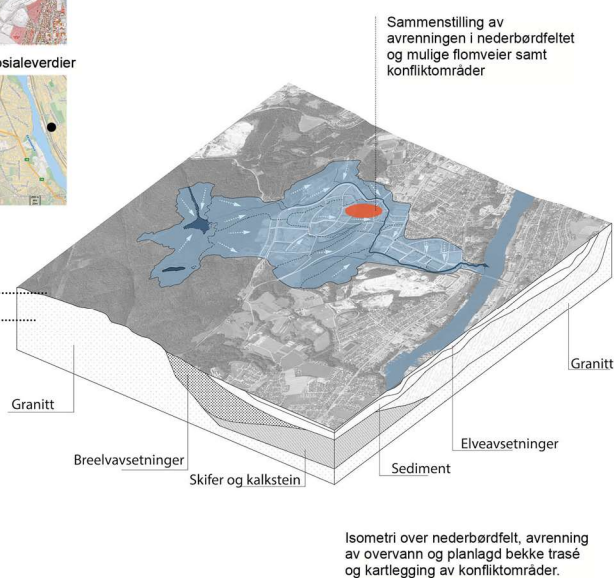
ARBEIDSPROSESS

1.KARTLEGGING AV GRUNNFORUSETNINGER



2.SAMMENSTILLING AV:

MULIGE FLOMVEIER I NEDERBØRDFELTET OG EVENTUELLE KONFLIKT OMRÅDER



3. MULIGE TILTAK VED FORURENSING

Landfill mining

Gjenvinning av material

Viktig å planlegge arbeidsprosessen med tanke på HMS og spredning av forurensing ved tiltak.

Avskjerende grøfter, føre vannet rundt deponi

Mellom deponi og vann

Viktig at ikke forurensingen beveger seg i grunnvannet

Rør gjennom deponi.

Har utfordringer med kapasitet, settninger og vedlikehold.

Komplisert å vedlikeholde pga dybde og HMS hensyn ved arbeid.

Eksisterende rør kan være underdimensjonert og ved bruk av tettende strømpe så mistes mer kapasitet.

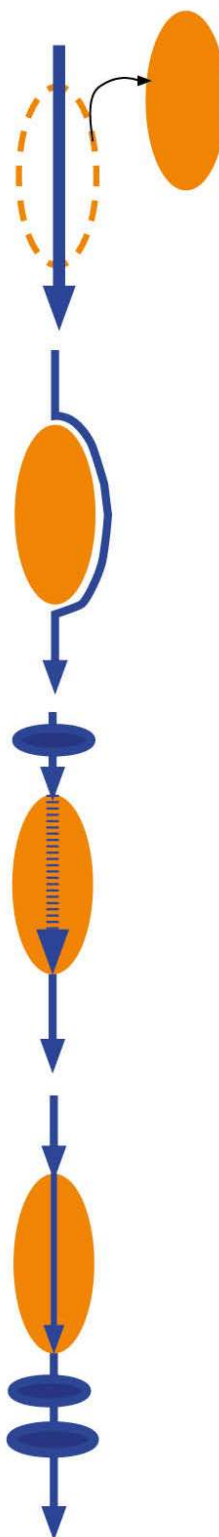
Det kan ved dette skapes dammer som kan holde på vannet så vannet fordrøyes innen de går ned i rørene. Viktig at dammer ikke plasseres så at vannet trenger inn i deponiet.

MEMBRAN/ OVER DEPONI

Dette alternativet gir utfordringer med settninger, slitasje materielt vedlikehold, overvåking og infiltrasjon i deponi ved manglende vedlikehold.

DAMMER - RENSING AV VANN

Dammer og vannveier kan utformes så de gir en sedimentering og rensing av vannet.



3. PLAN FOR VIDERE ARBEIDS PROSESS OG NÆR KONTAKT MED EVENTUELLE NABOER

5.2.4 Tiltaksområde

Omfang av tiltaksområdet bør vurderes nøye, sammen med planlegging av arbeidsprosessen og etterbruk. Dersom det er mulig å definere et tiltaksområde med mellomagringsskapasitet, vil det kunne bidra til å forenkle massehåndteringen. Gode massedisponeringsløsninger vil kunne fasiliteres av muligheter for mellomagring og størst mulig grad av omdisponering av masser innenfor tiltaksområdet

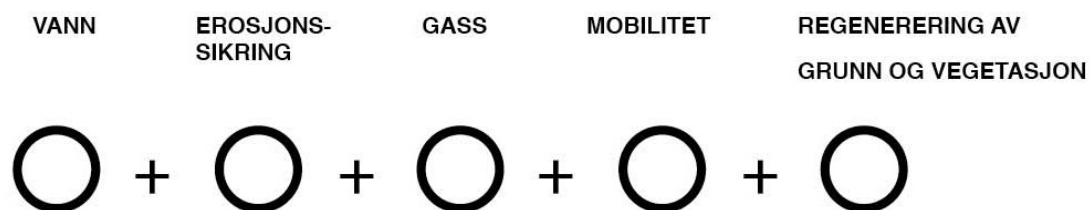
Bruk av landskapet som et integrert system

Prosjektet Garraf viser en landskapsoppbygging hvor landskapsstrategien tilpasses de primære tekniske behovene for å stabilisere deponiterrenget gjennom terrassering. Valg av tiltak baserer seg på eldre utprøvde tiltak i jordbrukstradisjoner med fokus på å stabilisere masser, hindre erosjon og redusere avrenningshastigheten til overvannet. Terrasseringen har deretter gitt strukturen for de andre tiltakene, som etablering av adkomstvei, hvor sikksakk-formen hjelper med å redusere helningen.

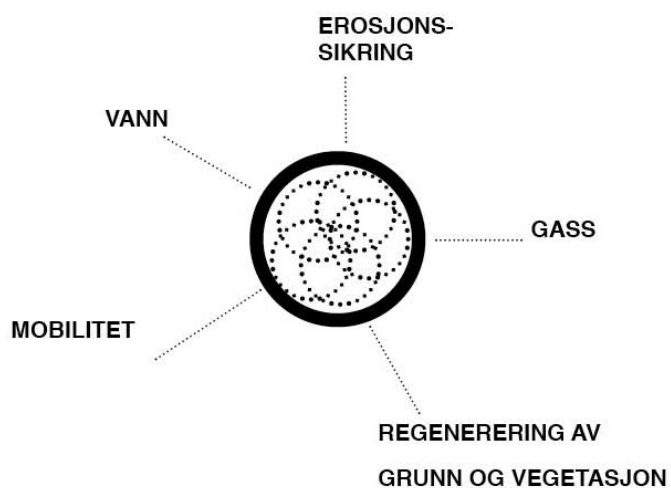
Grunnprinsippene i terrasseringen har i lik grad formet logikken for avrenningssystemet, gasshåndteringssystemet, beplantingssystemet, mobilitetssystemet osv. I stedet for ulike, separate systemer som kan skape en komplisert oppbygging med vanskelige krysningspunkter, har de ulike tekniske prinsippene blitt prosjektert sammen som en integrert del av landskapsarkitekturen. Samordning av prosjekteringsfasene gir også en forkortning av prosjekteringstiden, dersom man starter med det temaet som er viktigst i det spesifikke tilfellet og lar dette legge føringer for de resterende temaene.

Dette reflekteres i diagrammet under, basert på et intervju med landskapsarkitekten som designet El Garraf i Barcelona (2.1.1) Enric Batler. Illustrasjon viser ulike arbeidsprosesser i prosjekteringsfasen; del en, øverst, hvor hvert fag finner løsninger uavhengig av de andre fagene, og del to der de ulike behovene planlegges integrert til en struktur, hvor hver tematikk følger samme logikk (i dette tilfelle terrassering).

FAGISOLERT PROSJEKTERING



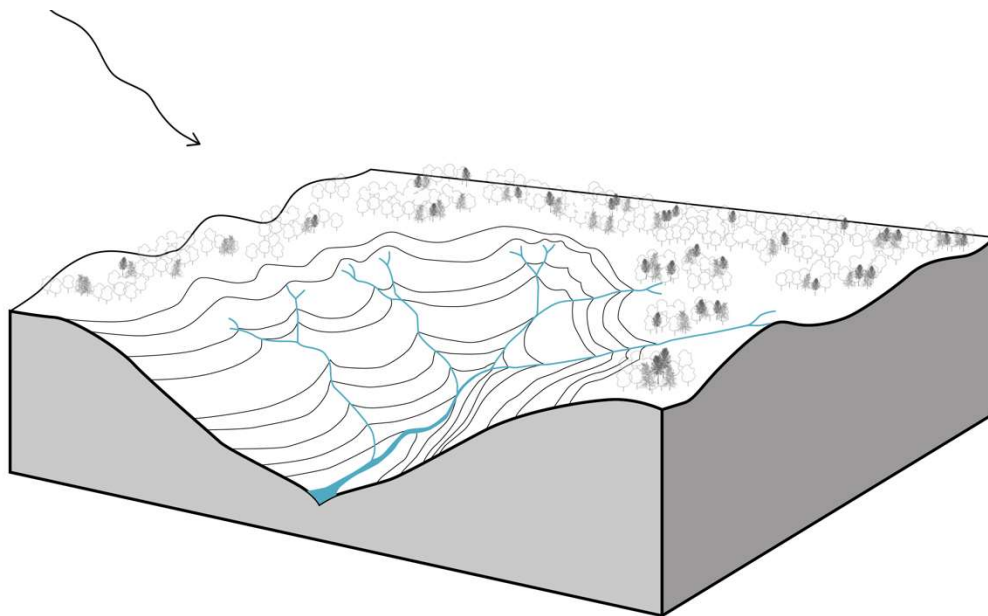
INTEGRERT PROSJEKTERING



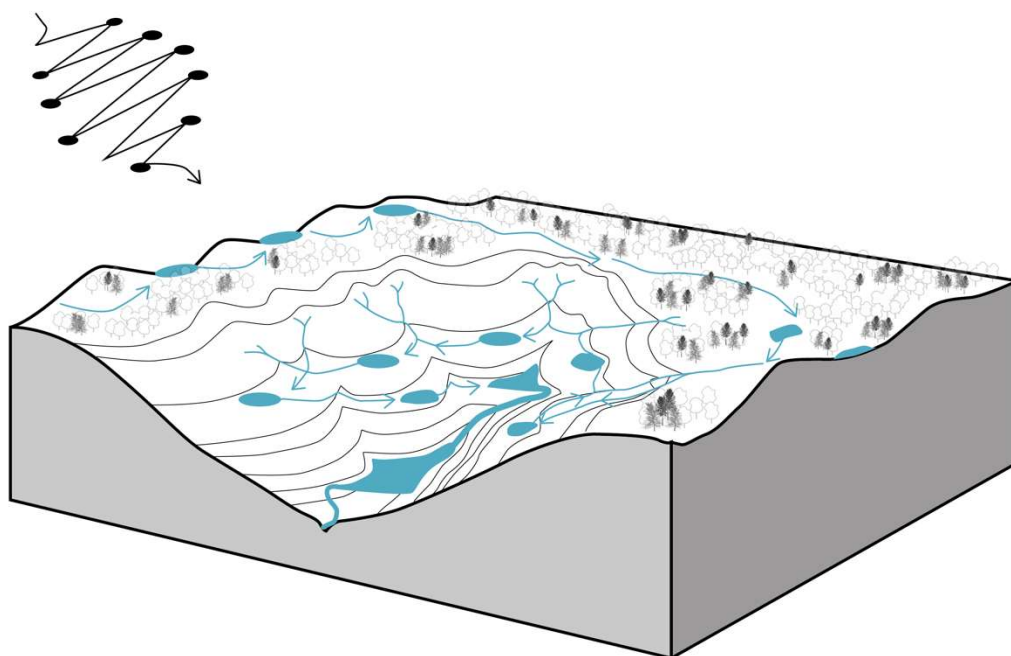
Figur 61 Illustrasjon over to ulike arbeidsprosesser i prosjekteringsfasen; del en, øverst, hvor hvert fag finner løsninger uavhengig av de andre fagene, og del to der de ulike behovene planlegges integrert til en struktur.

5.2.5 Key line-prinsippene for å modifisere vannets vei

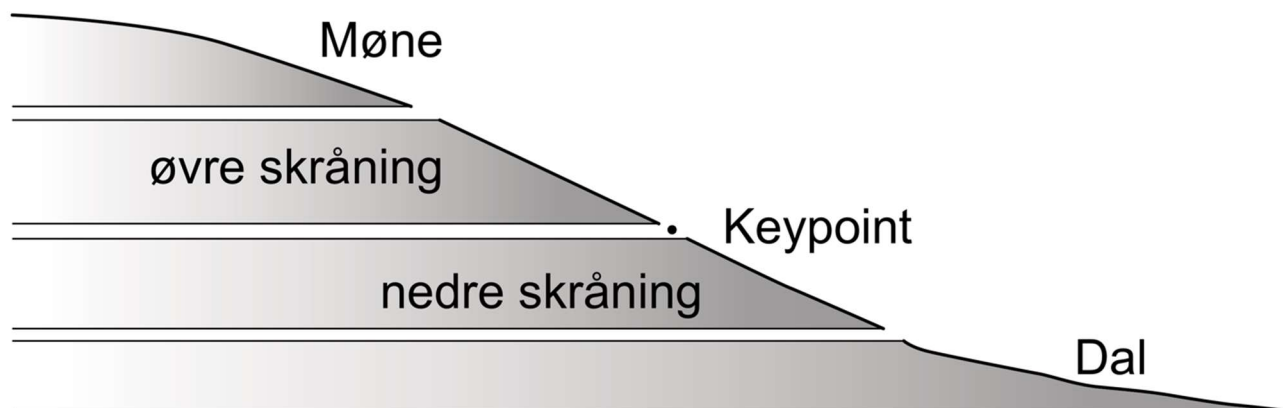
Det er mulig å styre vannet i nye retninger. I «Key line»-prinsippet ledes vannet gjennom terrengforandringer parallelt med høydekurvene, i stedet for på tvers av dem. Originalt er dette for å skape større infiltrasjonsområder, samt å kunne holde lengre på vannet i et klima hvor vannet er en dyrebart ressurs under tørre perioder. I forbindelse med deponi kan Key line-prinsippet benyttes til å dirigere vannet rundt området, for så å søke seg videre til en plass som ikke er forurensset.



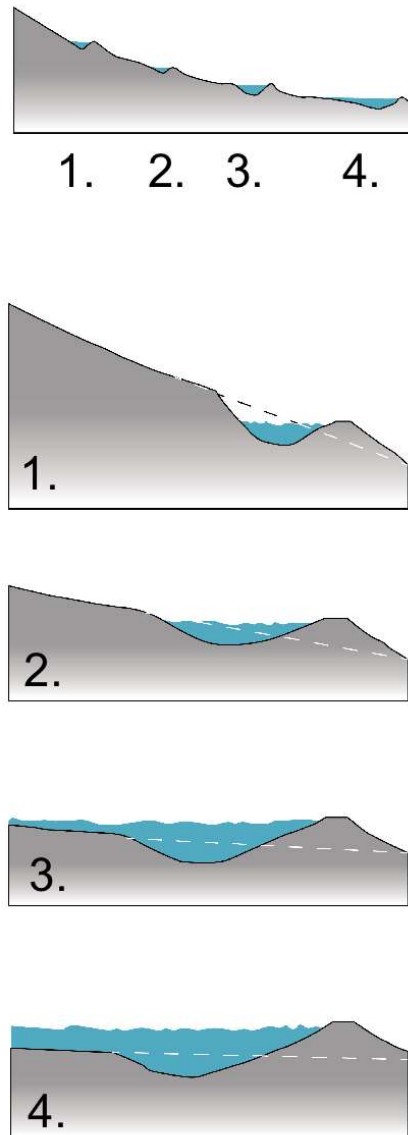
Figur 62 Uten tiltak renner vannet direkte ned i dalen, vinkelrett mot høydekurvene. Illustrasjon: Works on land/ Elisabeth Sjødahl



Figur 63 Med tiltak som benytter key line-prinsippet, føres vannet med lav helningsgrad parallelt langs høydekurvene. Illustrasjon: Works on land/ Elisabeth Sjødahl



Figur 64 →. Som viser «keypoint» i helningen. Ved dette punkt samles den største nedbørsmengden opp og det er det mest effektive tiltaket i forhold til graving og massehandtering. Illustrasjon: Works on land/ Elisabeth Sjødahl



Figur 65 Viser «keypoint» i helningen. Alternativ 3, viser «keypoint» i skråningen på det nivået i forhold til skjæring og fylling hvor et inngrep er mest effektivt i forhold til masse og volum.

Helningene er laget med 3:1 fall på innsiden hvor vannet er, og med 2-2,5:1 fall på utsiden. For mer informasjon om Keyline-teknikken se Permaculture av Bill Mollison som baserer seg på P.A. Yeomans Water for every farm/ The keyline plan. 1981.

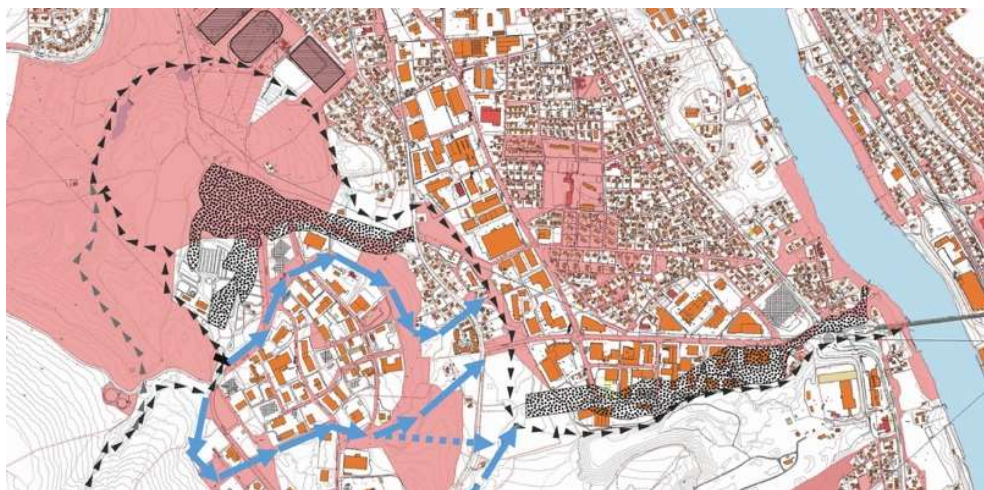
5.2.6 Planlegging av hele nedbørsfeltet

I forprosjektet for arbeidet med åpning av Kjørbekken går traseen nær sitt opprinnelige løp og dagens kulvert, parallelt med Rødmyrveien. Deponiet har vist seg å ha en dybde som gjør det veldig vanskelig å bruke teknikkene landfill mining eller landfill moving for å la vannet passere. Alternativet om å legge en membran mellom vann og deponi har også vist å medføre utfordringer, særlig i forbindelse med vedlikehold. Intervjuer har vist at det i de tilfeller hvor membran ble benyttet (se kap. 2 om Rommen over) har setninger ført til så mye slitasje at utbytte av den allerede kostbare løsningen trengs etter bare noen få år. Økonomisk sett koster oppbygging med membran vesentlig mer i kunstig terreng enn i naturlig terreng (mer enn fem ganger dyrere per løpemeter i referansen).

Ved bruk av membran kommer i tillegg en mer arbeidskrevende tiltaksplan og behov for overvåkning over tid. Tabellen nedenfor viser konsekvenser med de ulike traseene.

Område		Forstudie	Tiltak	Vedlikehold	Estimat kostnader
	Trasé som går over deponi	-Kartlegging prøvetagning Konsekvensutredning -Oppfølging sivevann	-Omfattende prosjektering Tiltak: isolering membran Høyre kostnad /løpemeter.	Vedlikehold bytte av membran ca. Vært 5 år. Langtids overvåking 1, 2, 5, 8 år fortsatt ansvar i forhold til forurensing.	Kortsiktig +++ Langsiktig +++
	Ny trasé for bekk som ledes til neste nedbørfelt og tilbake.	-Ikke behov for spesifikk kartlegging/ -Kontrollberegning av hydrologi i overvannsplenen.	Lede flomvei rundt deponi til trase lengre nedstrøms	Normal vedlikehold/ Åpen VA	Kortsiktig ++ Langsiktig +

Takket være kommunens langsiktige mål om å anlegge en sammenhengende blågrønn struktur som binder sammen de ulike bydelene, marka og fjord i et nettverk, er det mulig å finne alternative vannveier på hovedsakelig kommunal mark. Dette er en av grunnforutsetningene for å kunne skape et økonomisk sett overkommelig overvannsnettverk, hvor man ikke trenger å kjøpe private arealer i et urbanisert landskap med høye markedspriser. Å håndtere overvannet åpent i en blågrønn bystruktur, gjør at den oppfattes som et positivt element som forenkler orienteringen der den renner fra mark til fjord. Klimaendringene gjør at det trengs plass ved hyppig regnvær. De offentlige arealene gir vannet plass ved kraftig nedbør.



Figur 66 Tidlig studie av alternative vann veier i Skien.

Dette
prosjektet viser
viktigheten av

en åpen arbeidsprosess hvor problemstillingen kan omdefineres under arbeidsprosessen, da løsningen iblant kan ligge utenfor det definerte prosjektområdet.

For bekkeåpningsprosjektet «fra rør til landskap» har den fordypede studien «fra deponi til landskap» tatt mer tid i planleggingsfasen. Ved å investere tid i planleggingsfasen vil det kunne gi besparelse på arbeidstiden senere i prosjektet. Tidsbesparelsen kan omfatte prøvetakninger, overvåkning av prosjektet over tid og tiltaksplan som må etableres med tanke på deponi.

Prosjektgruppen som har arbeidet med denne rapporten, ønsker å takke personene som har blitt intervjuet og bidratt med sin kunnskap og tid. Dette viser at det er mye kunnskap fra erfaringer av ulike tiltak, noe som er svært verdifullt for enkelte kommuner som står fremfor store fremtidige investeringer i infrastrukturtiltak.

6. Oppsummering

A. Tiltak for å redusere løselighet

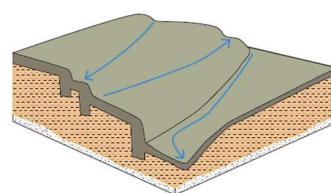
Endre de geokjemiske egenskapene til jorda, for eksempel ved å tilsette sorbenter som binder miljøgiftene. Sorbenter er materialer med god evne til å sorbere/binde forbindelser (metaller/organiske miljøgifter). Eksempel på sorbenter er kull og materialer med høyt innhold av hydroksider og oksider

B. Tiltak for å redusere vanngjennomstrømning

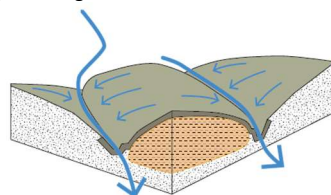
Vanngjennomstrømningen i forurensede masser styres av lokale hydrogeologiske forhold men også av den forurensede jordas fysiske egenskaper. Generelt gjelder det å hindre vann i å passere gjennom de forurensede massene.

B1 Grøfter med grovkornede masser kan etableres slik at grunnvann ledes rundt områder med forurensede masser. Vil føre til at grunnvann i stor grad vil følge grøftene rundt i stedet for å passere gjennom de forurensede massene.

B 1.1 Grøfter



B 1.2 Avskjærende grøfter for overvann

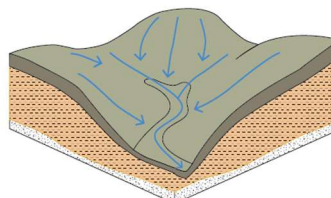


B2 Landskapsmodellering og arrondering av terreng

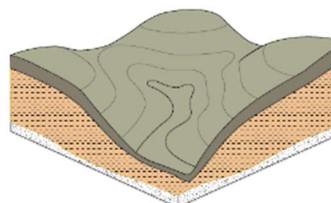
Hovedfokuset for landskapsmodelleringen har vært å føre det rene overvannet som faller på området bort fra deponiet så fort som mulig, for å unngå infiltrasjon av vannet ned i deponimassene og å minimere produksjonen av sivevann.

Alle casene utvikler topografien til å lukke og stabilisere avfallsmassene. Ved å forsegle og impermeabilisere avfallsmassene, samt å modellere et nytt landskap, ledes overvannet bort fra deponiet så fort som mulig for å unngå infiltrasjon og kontakt med deponiet, for slik å minimere sivevannsvolumet. Landskapet beveger seg og setninger forekommer som følge av nedbrytningsprosesser av organisk materiale. Landskapsformingen må derfor bygge konkave former som fører vannet bort.

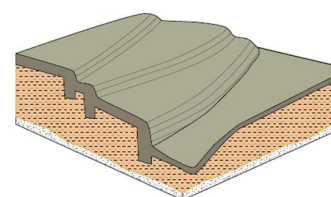
B 2.1 Konkav utforming

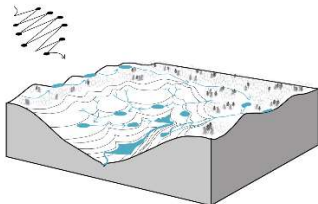
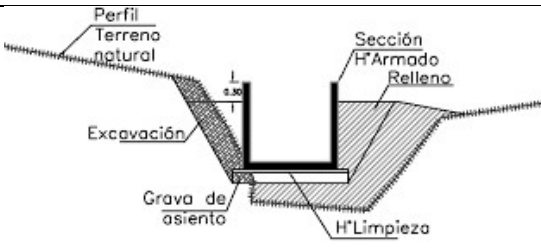
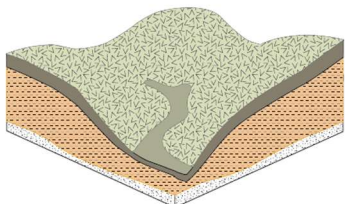


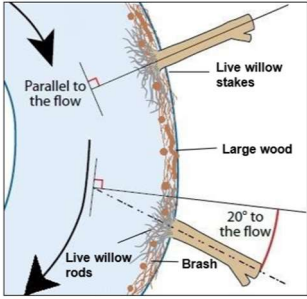
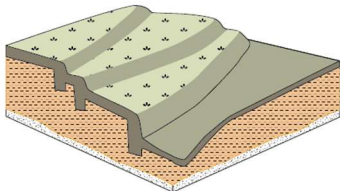
B.2.2 Arrondering



B 2.3 Terrassering



	B 2.4 Lede vann utenom deponi 
B3 Bruk av Impermeable tettesjikt og materialer Impermeable tettesjikt som legges over forurensede masser vil sterkt redusere mengden regnvann og overflatevann som infiltrerer i- og passerer gjennom massene.	B 3.1 Slike tettesjikt kan konstrueres av naturlige, finkornede materialer (leire, silt og morene),
	B.3.2 eller av kunstige membranløsninger (HDPE og bentonittmatter).
	B 3.3 Betongstøpte eller asfalterte flater er også å regne som lite permeable overflater.
B5 Komprimering av forurensede masser kan bidra til å redusere porøsiteten og følgelig den hydrauliske ledningsevnen i massene, noe som vil føre til at vann strømmer langsommere gjennom massene. I tillegg bidrar en lavere permeabilitet til at mindre forurenset jord vil kunne komme i kontakt med vann, ettersom vann kun strømmer i tilgjengelige, sammenkoblede porer. Dersom komprimering av masser i tillegg kombineres med at fall på massene og et drenerende lag i toppen vil regnvann og overflatevann i større grad renne av langs overflaten av massene i stedet for å infiltreres.	
B6 Innstøping av forurensede masser i betong er også et mulig tiltak for å hindre vanngjennomstrømming og utlekking. Dette er imidlertid et kostbart alternativ.	
B7 Kanaler og akvedukter Transport av vann over områder med forurenset grunn fordrer at det ikke oppstår lekkasjer. Dette gjør konstruksjon og vedlikehold viktigere enn ved et vanlig bekleie hvor det er stor grad av kontakt mellom vann i bekken og grunnvann, og infiltrering av vann er ønskelig. Ved å samle vannet i en kanal og ikke etterligne naturlig bekkeløp forenkles både konstruksjon og vedlikehold. Kanaler bør brukes i kombinasjon med bruk av dammer, for å kontrollere vannmengdene og redusere tverrsnitt. En viktig vurdering er hvilke flomhendelser man tillater flomme over kanalen til områder med mindre permeabel overdekning. Kanalen er tenkt for vanlige vannmengder, ikke de største flomhendelsene.	
C. Tiltak for reduksjon av partikkelspredning	
Partikkelspredning kan forekomme enten gjennom støvflukt eller gjennom overflateerosjon med vann. Støvflukt forekommer oftest for finkornige masser under tørkeperioder. Dette skjer typisk også med større hyppighet i en anleggsfase hvor det graves i massene eller når tung trafikk virvler opp støvet. Partikkelspredning via overflatevann kan bli et problem for områder med fall (høydegradient) mot resipient og mye nedbør, eller når elver og bekkeløp passer gjennom forurensede masser	C 4.1 Naturlig vegetasjon Vegetasjonsdekke er også et velegnet tiltak for å redusere partikkelspredning. 
	C 4.2 Dekke til forurensede masser med rene masser Partikkelspredning kan hindres/reduseres ved å dekke til de forurensede massene med rene masser
	C 4.3 Fuke tørre masser i anleggsfasen I en anleggsfase vil det være viktig å fuke tørre masser for å hindre oppvirvling av støv.

	C 4.4 Erosjonssikring av bekkeløp med naturlig vegetasjon, membraner, betong, grove masser Erosjon forårsaket av elve- og bekkeløp kan enten reduseres ved å legge om elva/bekken eller ved å erosjonssikre bunn og kanter med membraner, betong eller grove masser.  Kilde: Scotland river restoration centre C 4.5 Landskapsforming for helningsrader som gir saktere avrenning og nyttelandskap som første fase for å starte naturlige prosesser 
--	---

D. Tiltak for reduksjon av gassdannelse/gassdiffusjon

Spredning av gass er i hovedsak et problem som påvirker inneluft. Dette skjer når gass som produseres i forurensset jord transporteres oppover gjennom luftfylte porer og akkumuleres inne i bygg. 1) innhold av organisk materiale som brytes ned og produserer metan og andre avgasser metan oftest er knyttet til antenning- og eksplosjonsfare. 2) volatile organiske miljøgifter (VOC) med et høyt damptrykk. VOC kan være toksiske,	D 1 Impermeable tettesjikt med oppsamlingsbrønner Spredning av gass fra forurensede masser kan hindres ved å etablere impermeable tettesjikt over de forurensede massene med oppsamlingsbrønner for gass som produseres.
	D 2 Fakling Gass fra oppsamlingsbrønnene kan samles opp og forbrennes (fakling). Samtidig som et impermeabelt tettesjikt hindrer gass i å slippe ut fra de forurensede massene vil det også hindre oksygendiffusjon inn i massene. Dette vil redusere gassdannelse forårsaket av nedbrytningen av organisk materiale
	D 3 Fjerne kilde I enkelte tilfeller kan det være nødvendig å fjerne kilden til gass for tilstrekkelig å redusere risiko (se kapittel E. Tiltak for å fjerne kilden til fourensing).

E. Tiltak for å redusere/fjerne kilden til forurensning

E1 Utgraving:

Den enkleste måten å redusere/fjerne kilden til forurensning i jord er å grave ut de forurensede massene og ut og kjøre de til et godkjent mottak (deponi).

Dette er imidlertid kostbart, på grunn av deponiavgiften og kostnader knyttet til anleggsarbeid og transport. Et slik tiltak krever også at det anskaffes rene masser som de forurensede byttes ut med.

Sortering ved utgraving sikrer en bedre avfallshåndtering og vil også kunne bidra til å redusere de totale deponeringskostnadene. Metodikk for utgraving og sortering av avfallsmasser er beskrevet av Avfall Norge (2014).

Gravemasser kan ofte sorteres ut i fire hovedfraksjoner: jord eller jordaktige masser, brennbar fraksjon, skrapmetall og inerte masser

Disse fire fraksjonene kan behandles separat på ulike anlegg slik at en får en mer optimalisert ressursutnyttelse og bruk av deponikapasitet.

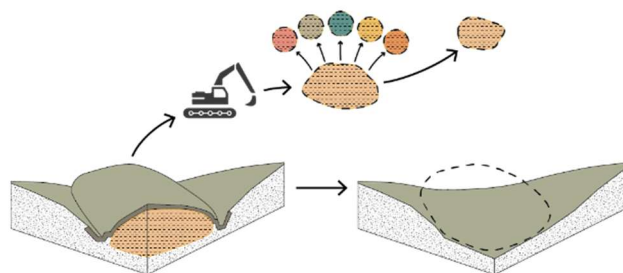
Innenfor hver kategori er det også mulig med videre inndeling.

Fra jord og jordaktige masser er det for eksempel mulig å skille ut stein (>X mm diameter). Stein er å regne som rene masser så fremt de ikke inneholder et forurenset belegg, som for eksempel olje eller forurenset finstoff.

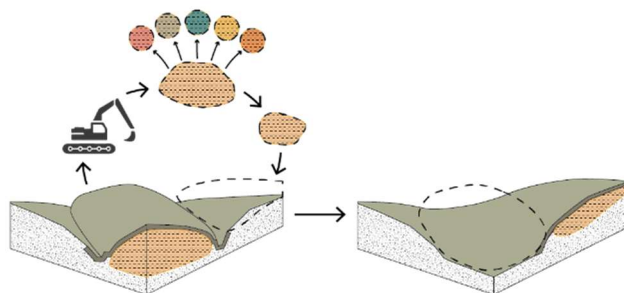
Utgraving foregår som oftest med gravemaskin eller bulldoser, men det finnes spesialisert utstyr for sortering som kan gjøres på byggeplass. For mer detaljert informasjon se Avfall Norge (2014).

Skien kommune utførte i 2017 en enkel sortering i forbindelse med graving av en VA-grøft på Kjørbekk II. Metodene utviklet var svært enkle, men reduserte deponikostnaden med 40%. Erfaringene egner seg godt for videreutvikling i større skala, men må i så fall kombineres med tiltak i kapittel C for å hindre partikkelspredning

E 1.1 Landfill mining



E 1.2 Landfill moving



E 2 Lufting:

I enkelte tilfeller kan lufting av masser ved utgraving være nok til å betydelig redusere innholdet av VOC. Dette er typisk mulig for masser som inneholder forhøyede konsentrasjoner av benzen. Benzen er volatil og vil kunne fordampe og forlate massene som følger av at massene graves ut og legges i ranker over en kortere tidsperiode.

E 3 Naturlig nedbrytning:

Mange organiske miljøgifter, som oljeforbindelser, BTEX og enkelte klorerte forbindelser, brytes ned naturlig i grunnen. Den begrensende faktoren for slik nedbrytning er oftest tilgang på elektronakseptorer (O_2 , NO_3^- , SO_4^{2-} , CH_4), eller elektrondonorer (organisk karbon). Ved å tilføre oksygen, eller andre oksidasjonsmidler kan en stimulere til økt, naturlig nedbrytning. Dette gjøres ved å konstruere infiltrasjonsbrønner med luftpumper. Dersom næringsstoffer er den begrensende faktoren kan disse også infiltreres i grunnvannstrømmen med hjelp av infiltrasjonsbrønner. Det gjøres oppmerksom på at naturlig nedbrytning kan føre til gassdannelse.

E 4 Termisk behandling:

Damptrykket til en VOC er temperaturavhengig. Ved å øke temperaturen i jorda over en kort periode er det mulig å stimulere til en rask avdampning som reduserer mengden VOC i jorda. Enkelte naturlige nedbrytningsprosesser kan også fremskyndes ved å øke temperaturen.

F. Rensing av sigevann

Rensing av sigevann krever at sigevannet lar seg samle opp eller at det er mulig å gjøre tiltak i et tverrsnitt av sigevannsstrømmen. Rensing av sigevann som samles opp kan gjøres ved å etablere et renseanlegg, som settes opp med lignende teknologi som benyttes på aktive deponier eller avløpsrenseanlegg. Renseeffekt og beskrivelse av ulike renseløsninger er detaljert i Miljødirektoratets veileder TA-2977 (Klif, 2012). Det skilles mellom naturbaserte løsninger og kjemiske renseanlegg.

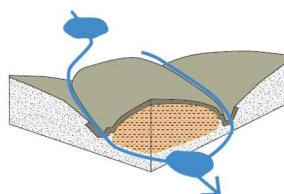
F 1 kjemiske renseanlegg

I kjemiske renseanlegg tilsettes kjemikalier til sigevannsstrømmen som reduserer løseligheten til miljøgifter slik at de feller ut som slam. Slammet må samles opp og deponeres. Kjemikaliene som tilsettes avhenger av hva som ønskes utfelt. pH-justering kan benyttes til å felle ut tungmetaller fra surt eller sterkt basisk vann, mens flokkuleringsmidler kan benyttes til å felle ut både metaller, organisk materiale, partikler og næringssalter. Oksidasjonsmidler kan benyttes til å fjerne organisk materiale og enkelte organiske miljøgifter. Slike anlegg krever aktiv drift og har betydelige driftskostnader

F 2 naturbaserte løsninger

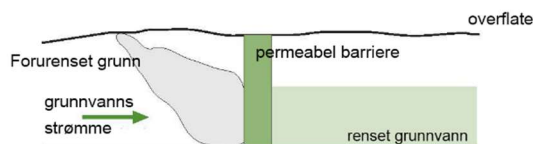
Naturbaserte løsninger inkluderer både våtmarksfiltre og luftede laguner. Våtmarksfiltre er godt egnet til å fjerne næringssalter og organisk karbon fra sigevann. Luftede laguner benyttes som oftest til å felle ut jern og andre tungmetaller fra sigevann, men kan også ha en effekt på å redusere mengden organisk nedbrytbart karbon.

F 2 1 Bruk av dammer:



F 2 2 Aktiv barriere:

En enklere renseløsning kan lages ved å danne en aktiv barriere eller en filterbarriere på tvers av hele sigevannsstrømmingen. En aktiv barriere inneholder en sorbent som binder til seg forurensningen i sigevannet. En filterbarriere inneholder som regel ren sand som lar vann strømme igjennom samtidig som den holder forurensende partikler tilbake. Slike barrierer har en viss kapasitet som over tid vil overskrides. Barrierene må derfor byttes/vedlikeholdes

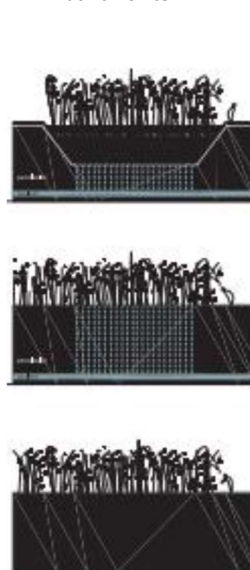


Gjennomtrengelig aktiv barriere av kull, for å fjerne tungmetaller fra grunnvannet (kilde Mulligan et al., Universidad de Alcala 2001a).

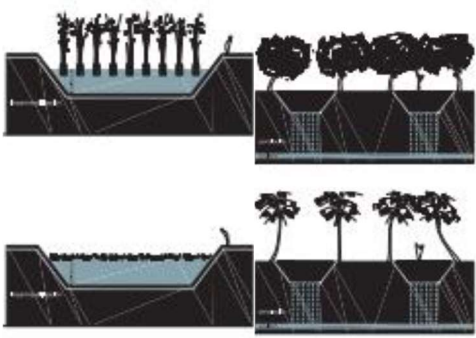
F 2 3 Rensebrønner:

Dersom det ikke er mulig å etablere hele barrierer kan en også konstruere rensebrønner hvor det pumpes ut forurensset vann eller tilsettes en sorbent som byttes med jevne mellomrom. Dette er den mest arbeidskrevende og kostbare løsningen å opprettholde over tid

F 2 4 Våtmarksfilter:



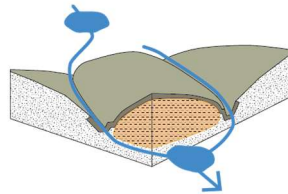
Kilde: Celia Martinez Hidalgo

	Andre grønne løsninger:  Kilde: Celia Martinez Hidalgo
--	--

G. Forsinking, fordrøying og reduksjon av vannmengder

Redusere vannmengder i selve bekken vil redusere tv3errsnitt og redusere omfanget av de teknisk mest krevende og kostnadsdrivende tiltakene

F 2 1 Bruk av dammer:



F 2 2 Tiltak for forsrøyning

H. Prosess

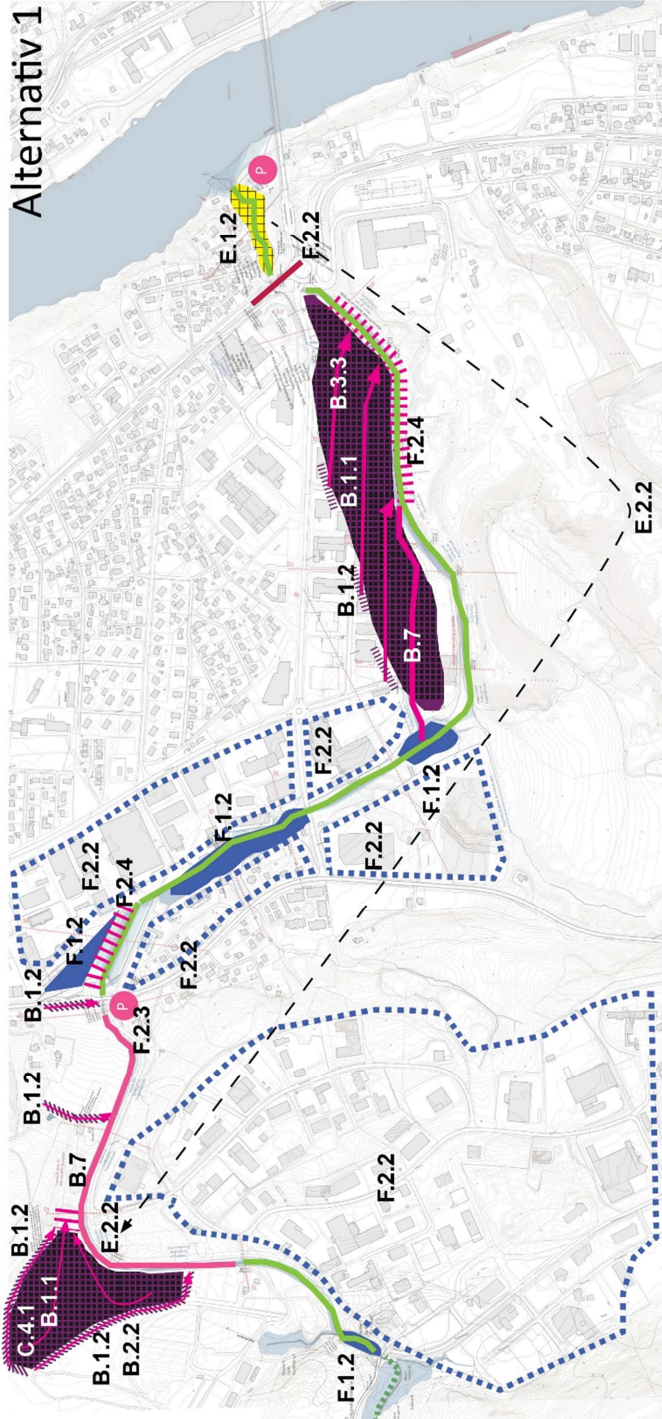
Strategisk kartlegging

Strategisk planlegging

Prosjektorganisering og samordning på tvers av etater

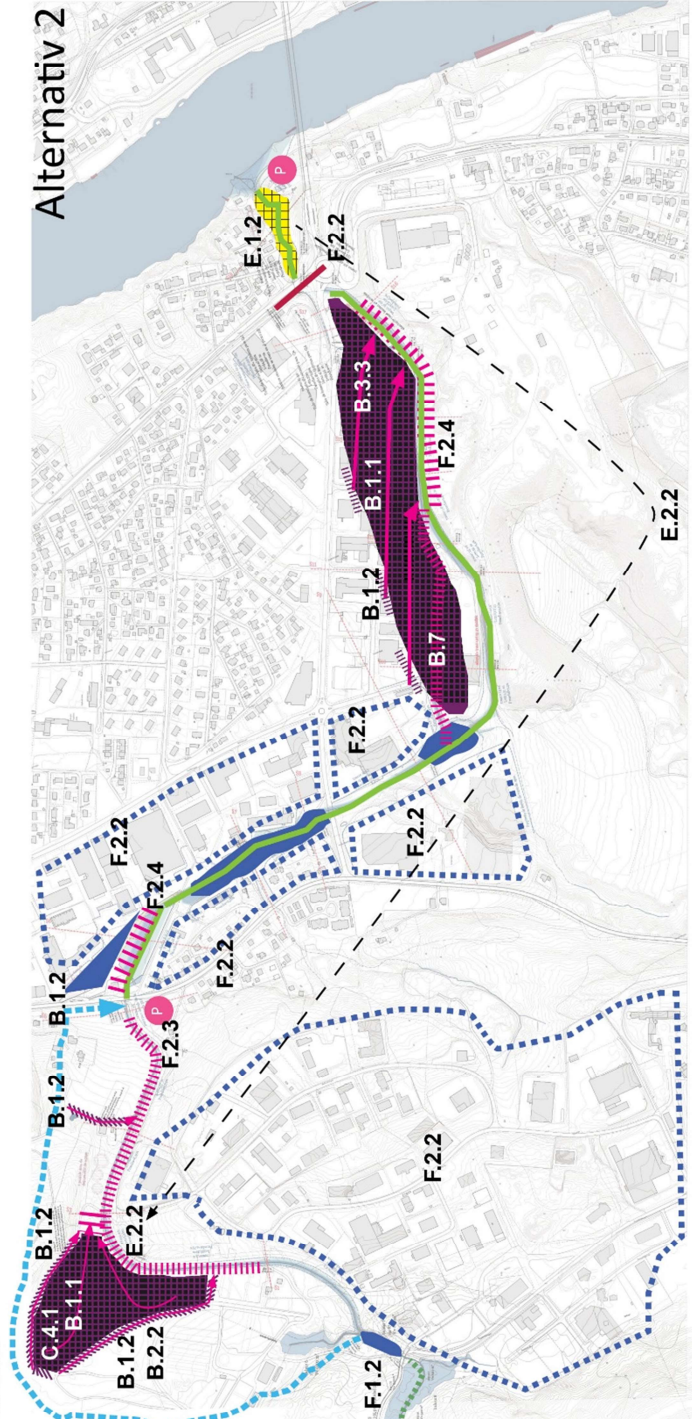
Medvirkning (fresh kills)

Alternativ 1



-  Pumpe sivevann til renseanlegg
-  Flytting av masser
-  Dekke for reduksjon inntregning vann
-  Grønne løsninger rensing av vann
-  Avskjærende grøfter for overvann
-  Grøfter og kanaler for overvann
-  Nytt bekkeleie
-  Naturlig bekk
-  Tett kanal
-  Keyline- kanal
-  Områder hvor fordøyning må prioriteres
-  Prioritet for dam-fordøyning

Alternativ 2



- Pumpe sivevann til renseanlegg
- Flytting av masser
- Dekke for reduksjon inntregning vann
- Grønne løsninger rensing av vann
- Avskjærende grøfter for overvann
- Grøfter og kanaler for overvann
- Nytt bekkeleie
- Naturlig bekk
- Tett kanal
- Keyline- kanal
- Områder hvor fordrypning må prioriteres
- Prioritet for dam-fordrypning

7. Referanser

- Akershus fylkeskommune, 2016. Masseforvaltning i Akershus. Regional plan, vedtatt av fylkestinget 24. oktober 2016.
- Avfallsforskriften: Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften). Klima og miljødepartementet. FOR-2004-06-01-930.
- Avfall Norge, 2014. Landfill mining – forprosjekt. Rapport 02/2014.
- Berg, B.E., 2014. Landfill mining – forprosjekt (Avfall Norge, Rapport No. 2).
- DSB, 2014. Veileder i helhetlig risiko- og sårbarhetsanalyse i kommunen. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. ISBN 978-82-7768-344-7.
- DSB, 2015. Klimahjelperen - En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpasning i planlegging etter plan- og bygningsloven. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. ISBN 978-82-7768-353-9.
- Field Operations, 2008. Fresh Kills Park GEIS (Project Description). New York.
- Forurensningsforskriften. Forskrift om begrensning av forurensning. Ikrafttredelse 2004-07-01. Klima- og miljødepartementet.
- Fylkesmannen i Vest-Agder, 2015. Pilotprosjekt om klimatilpasning. Rapport nr.: 1/2015.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., 2015. Klima i Norge (No. NCCS report no. 2/2015). Miljødirektoratet.
- Hønsi, T., 2017. Kartlegging av kunnskap, forvaltningspraksis og rettleiingsbehov om lokale kjelder til miljøgifter, vassforvaltning og klimatilpassing i kommunene Del 2: Casestudie.
- Miljødirektoratets veileder M-608 (MDir, 2016) inneholder miljøkvalitetsstandarder (EQS).
- Miljødirektoratets faktaark M-1243 (MDir, 2018).
- NGI, 2018. Spredningsveileder for forurenset grunn. Forslag til ny spredningsmodell – grunnlagsrapport til Miljødirektoratet. NGI-rapport 20170577-01-R, datert 2018-07-11.
- NGI, 2019a. WP3: Eksisterende veiledere og retningslinjer for risikovurdering av spredning fra avfall og forurensede masser. SP10 GEOreCIRC NGI-rapport 20160794-09-R, datert 2019-06-28.
- NGI, 2019b. Testing og karakterisering av materialer til gjenvinning. SP10 GEOreCIRC NGI-rapport 20160794-02-R, datert 2019-02-27.
- SFT, 1999. Veiledning om risikovurdering av forurenset grunn. Statens forurensnings-tilsyns veileder TA 1629/99. Beregningsverktøy <http://www.miljodirektoratet.no/no/Tjenester-og-verktoy/Beregningsverktoy/Beregningsverktoy-for-risikovurdering-av-forurenset-grunn/>.
- SFT, 2009. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn. Statens forurensningstilsyn veileder TA 2553/2009.
- Swartz & Zhang, 2003. Fundamentals of Groundwater. John Wiley & Sons Inc.