

KRAV VID DRIFT AV VATTENKRAFTENS BERGANLÄGGNINGAR

RAPPORT 2020:686



VATTENKRAFTENS BERGFRÅGOR



Krav vid drift av vattenkraftens berganläggningar

Genomgång av lagstadgade krav

ANDERS ARVIDSSON, PETTER ENGVALL

Förord

Merparten av våra svenska vattenkraftanläggningar har olika typer av berganläggningar. Anläggningarna har vanligtvis konstruerats genom att borra, spränga, och forsla bort utsprängt berg. De finns i många olika geologiska miljöer, och har därmed olika grundvatten- och radonförekomst, och består av både förstärkta och oförstärkta delar. Drift och underhåll av anläggningarna måste anpassas efter förutsättningarna i respektive anläggningsdel. En grundläggande förutsättning i förvaltningen är att säkerheten för personal som vistas i anläggningarna ska vara god, och att maskiner och utrustning ska vara skyddad.

De regelverk som finns för undermarksanläggningar är i flera fall framtagna för andra typer av anläggningar, exempelvis trafiktunnlar, där betydligt fler människor vistas jämfört med vattenkraftens berganläggningar. Syftet med detta projekt var att ta fram underlag för branschgemensam tillämpning av bergrelaterade regelverk och samla information för att underlätta ägarföretagens verksamhetsstyrning.

Projektet har utförts av Anders Arvidsson och Petter Engvall, seniora konsulter på Sweco Civil AB. En referensgrupp bestående av Magnus Svensson och Ann-Sofie Ahlfors från Fortum, Christian Bernstone från Vattenfall och Ander Isander från Uniper har följt projektet. Uppdraget ingår i Energiforsks FoU-program Vattenkraftens bergfrågor etapp 2019–2020, med intressenterna Vattenfall, Uniper/Sydkraft Hydropower, Fortum, Statkraft, Skellefteå Kraft, Jämtkraft, Mälarenergi, Umeå Energi och Karlstads Energi.

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Vattenkraftens olika berganläggningar i Sverige har till stor del uppförts under 1900-talet. Miljöerna där anläggningarna finns är skiftande med olika typer av geologi, berggrunden består av olika bergarter och förkastningar, och den mineralogiska sammansättningen skiljer mellan olika platser i landet. Metoderna som används för att schakta berg har utvecklats under åren vilket delvis lett till att bergutrymmen gjorts större men ofta på bekostnad av att det berg som utgör väggar och tak har en större skadezon. Även metoderna för att säkra och förstärka berg har ändrats och utvecklats. Dessa faktorer leder sammantaget till att det kvarstående berget i anläggningarna, det vill säga det berg som omsluter tunnlar och rum, ser olika ut och har olika behov av underhåll mellan vattenkraftsanläggningarna i Sverige. Detta i sin tur leder bland annat till att behovet av inspektioner och underhåll skiftar mellan olika berganläggningar. Samtidigt saknas ett gemensamt regelverk med rutiner för inspektionsintervall och arbeten i anläggningarna. I föreliggande studie analyseras lagstadgade krav och deras inverkan på drift och underhållsarbeten i vattenkraftens berganläggningar för att kunna användas som underlag vid framtagande av branschgemensam tillämpning av bergrelaterade regelverk. Tyngdpunkten i inventerat material ligger på arbetsmiljö och anläggningsägarens ansvar att säkerställa denna genom egenkontroller.

Analysen visar att stora delar av befintliga regelverk har bäring även på vattenkraftens berganläggningar.

Analysen visar även att utformande och upprättande av kontroller och checklistor för arbeten i anläggningarna är viktigt och förslag på regler att beakta vid upprättande av kontroller lämnas.

När det gäller radon på arbetsplatser visar analysen att radonmätningar ska utföras, dock tolkas reglerna som att det inte nödvändigtvis behövs personlig mätutrustning för alla arbetstagare.

Summary

Much of the hydroelectrical power industry's underground facilities in Sweden were built during the 20th century. The geological settings differ between sites with regards to mineral content and fault zones among other things. The methods used in excavating the rock developed through last century and have led to, among other things, larger caverns but often with the drawback that the standing rock making up walls and roof have a larger excavation damage zone. Rock reinforcement methods were also developed during the years. These factors combined means that the rock supporting the tunnels and caverns look different with differing needs of maintenance at different sites in Sweden. A common regulatory framework regarding intervals between inspections and routine maintenance is not yet in place for these underground rock facilities. To facilitate the creation of an industrywide regulatory framework, in present report existing rules and regulations from different technical disciplines are analyzed regarding their impact on the hydroelectrical power industry's rock facilities. The results can be used as part of a basis when exploring the possibilities of building a common framework. Emphasis in the analyzed material is working environment and the facility owner's responsibilities to ensure this using internal controls and checklists.

The analysis shows existing rules and regulations to be useful to a large extent in the hydroelectrical industry's rock facilities.

Also, the results show the importance of design and creation of controls and checklists. At the end of the report are presented suggestions to which rules and regulations are important to consider when creating control programs for specific types of tasks.

Regarding radon at the workplace, the analysis shows the importance of measuring radon levels. The interpretation of the existing regulations does not however indicate that personal measuring devices are necessary for all workers.

Innehåll

1	Inledning	9
1.1	Bakgrund	9
1.2	Förkortningar	10
1.3	Problemställning	10
1.4	Rapportens syfte	10
1.5	Rapportens uppbyggnad	11
2	Situationer i berganläggningar	12
2.1	Egenkontroller	12
2.1.1	Upprättande av egenkontroller och checklistor	12
2.2	Kontroll och besiktning	12
2.2.1	Besiktning av berg/bärande huvudsystem	12
2.3	Åtgärder i bergkonstruktion	13
2.3.1	Bergrum med höga spänningar, smällberg	13
2.4	Personolyckor	14
2.4.1	Fallolyckor	14
2.4.2	Halkrisk	14
2.4.3	Arbetsplatsens utformning	14
2.4.4	Belastningsbesvär	14
2.4.5	Tung utrustning och manuell hantering	15
2.4.6	Belysning	15
2.4.7	Kommunikation	15
2.5	Hygieniska gränsvärden	15
2.5.1	Kvartsdamm	15
2.5.2	Asbest	16
2.5.3	Partiklar från förbränningsmotorer	16
2.6	Buller	16
2.6.1	Vid åtgärds- och förstärkningsarbeten	16
2.6.2	Vibrationer (turbiner eller dylikt)	17
2.7	Radon	17
2.7.1	Radon i luft	17
2.7.2	Radon i vatten	17
2.8	Slutna utrymmen	18
2.8.1	Syrebrist	18
2.8.2	Giftiga eller explosiva gaser	18
2.9	Arbeten nära installationer vilka är i drift	18
2.9.1	Utrymmesbrist vid bergbesiktning	18
2.9.2	Vid åtgärdsarbeten	18
2.10	Skydd av installationer	18
2.10.1	Skydd mot dropp	18

2.10.2	Skydd mot inträngande vatten	19
2.11	Brand och utrymning	19
2.11.1	Brand under jord	19
2.11.2	Utrymning	19
3	Exempel från anläggningar	20
3.1	Damm, hygieniska gränsvärden	20
3.2	Dropp på utrustning	20
3.3	Tunnelsystem trollhättan	20
3.4	Smällberg, höga bergspänningar	22
3.5	Inklädnadssystem och radon	22
4	Tillgängliga regler och skrivelser	25
4.1	Kravhierarki	25
4.2	Inventering	25
5	Analys	27
5.1	Kravhierarki	27
5.2	Egenkontroller	27
5.3	Kontroll och besiktning, åtgärdsarbeten	28
5.4	Personolyckor	29
5.5	Hygieniska gränsvärden	31
5.6	Buller	32
5.7	Vibration	32
5.8	Radon	33
5.9	Slutna utrymmen	34
5.10	Arbeten nära installationer	35
5.11	Skydd av installationer	35
5.12	Brand och utrymning	36
6	Tillämpbarhet	37
6.1	Egenkontroll	37
6.1.1	Egenkontroller och checklistor	37
6.2	Kontroll och besiktning	38
6.2.1	Besiktning av berg/bärande huvudsystem	38
6.2.2	Åtgärder i bergkonstruktion	38
6.2.3	Bergrum med höga spänningar, smällberg	39
6.3	Personolyckor	39
6.3.1	Fallolyckor	39
6.3.2	Halkrisk	40
6.3.3	Arbetsplatsens utformning	41
6.3.4	Belastningsbesvär	41
6.3.5	Tung utrustning och manuell hantering	41
6.3.6	Belysning	42
6.3.7	Kommunikation	42

6.4	Hygieniska gränsvärden	42
6.4.1	Kvartsdamm och arsenik	42
6.4.2	Serpentiner, asbest	45
6.4.3	Partiklar från förbränningsmotorer	45
6.5	Buller	45
6.5.1	Vid åtgärds- och förstärkningsarbeten	45
6.5.2	Vibrationer (turbiner el dyl.)	46
6.6	Radon	47
6.6.1	Gränsvärden	47
6.6.2	Vatten	48
6.7	Slutna utrymmen	49
6.7.1	Syrebrist	49
6.7.2	Giftiga eller explosiva gaser	49
6.8	Arbeten nära utrustning vilken är i drift	49
6.8.1	Vid åtgärdsarbeten	49
6.8.2	Utrymmesbrist vid bergbesiktning	51
6.9	Skydd av installationer	51
6.9.1	Skydd mot dropp	51
6.9.2	Skydd mot inträngande vatten	51
6.10	Brand och utrymning	51
6.10.1	Brand under jord	51
7	Egenkontroller och upprättande av checklistor	53
7.1	Arbete som innebär risk för nedstörtning	53
7.2	Arbete i utrymme där damm och partiklar förekommer	53
7.3	Arbete i utrymme där radongasrisk föreligger	54
7.4	Arbete som innebär fysisk isolering	54
7.5	Arbete i utrymme med risk för syrebrist	54
7.6	Arbete i område med utrustning och installationer	54
7.7	Arbete i område med otillräcklig belysning / belysning saknas	55
7.8	Arbete som innebär manuell hantering av material / utrustning	55
7.9	Arbete i område med risk för att halka	55
7.10	Borrning i bergrum och tunnlar	55
8	Diskussion och förslag till fortsatt arbete	60
8.1	Diskussion	60
8.2	Förslag till fortsatt arbete	61
9	Referenser	63

1 Inledning

1.1 BAKGRUND

I Sverige finns idag cirka 2000 vattenkraftsanläggningar (Lindholm, 2018), de flesta konstruerade mellan år 1900 och 1990. I många av dessa anläggningar ingår bergkonstruktioner i form av bergrum, tunnlar och bergskärningar.

Bergkonstruktionerna är sällan en del av den kraftgenererande funktionen i vattenkraftverken utan finns ofta i form av tunnlar för att leda fram vatten, som mothåll vid dammar och som bergrum för turbiner och kontrollrum. Till bergkonstruktioner kan även räknas bergskärningar invid vägar, lastplatser och byggnader.

Bergbyggnation har i Sverige huvudsakligen skett genom borrhning och sprängning, även fullortsborrning med TBM (tunnelbormaskin) har nyttjats. Vid sprängningsarbeten spräcks berget vid detonation av sprängämne, i de uppkomna sprickorna samt i naturliga sprickor i berget strömmar spränggaser ut och berget fragmenteras i mindre delar. Tillvägagångssättet får till följd att det bakom bergkonturen uppstår en sprängskadezon där sprickor bildats utan att berget lossat. Detta sker vid all form av bergsprängning men skadezonens utbredning beror till stor del av hur sprängningen utförts (Olofsson, 2013). Kvarstående berg med stor sprängskadezon ger oftare upphov till mer förstärkningsåtgärder. Eftersom metoderna att spränga berg har utvecklats mycket under 1900-talet är det sannolikt att bergkonstruktioner byggda vid olika tidpunkter har olika stor sprängskadezon vilket medför att inspektions- och underhållsbehovet skiljer sig mellan anläggningarna.

Problem med lungsjukdomar hos människor arbetandes i gruvor uppmärksammades redan under början av 1900-talet och 1924 läggs en hypotes fram som kopplar samman radongas i gruvor med lungcancer. Under 1950-talet görs mätningar av inomhusluft i bostäder och även gruvor. (Åkerblom & Clavensjö, 2004). Omfattande undersökningar och kartläggning av problemet visade att det i huvudsak fanns två olika radonkällor för ovanjordkonstruktioner;

1. byggmaterial ingående i byggnaders stomme som avger radongas
2. materialet under konstruktionen avger radongas

Problemet uppstår då konstruktion sker i områden där berggrunden innehåller uran vilket sönderfaller till radium som avger radongas. Mängden uran i berget skiljer sig åt mellan olika bergarter och därmed även geografiskt i landet. I en underjordsanläggning där golv, väggar och tak består av berg kan halterna bli höga. Problemet finns i både nya och gamla berganläggningar och omhändertas med hjälp av ventilation.

1.2 FÖRKORTNINGAR

I rapporten förekommande förkortningar och deras betydelse presenteras nedan.

TBM Tunnel Boring Machine, på svenska tunnelborrmaskin

AFS Arbetsmiljöverkets Föreskrifter

SKB Svensk Kärnbränslehantering

VA Vatten och Avlopp

TDOK Trafikverkets Dokument

UAV Unmanned Aerial Vehicle, på svenska obemannad luftfarkost

BAS-P Byggarbetsmiljösamordnare Planeringsfas

ELSÄK-FS Elsäkerhetsverkets Föreskrifter

1.3 PROBLEMSTÄLLNING

Anläggningarna är byggda i olika delar av Sverige och därmed i olika geologiska miljöer. De geologiska miljöernas skillnader berör bland annat bergets hållfasthet, dess mineralogiska sammansättning, söndersprickning, vattenföring med mera. Detta gör att underhållsbehovet kan variera mycket beroende av var anläggningen finns, både geografiskt och geologiskt.

Då tidpunkten för uppförande av anläggningarna skiljer sig åt och spänner över ett sekel är det inte alltid enkelt att hitta relevanta handlingar och ritningar över anläggningarna och dess konstruktioner, inte heller vilka regelverk som följdes vid tiden för uppförandet. Därmed är det ibland svårt att i efterhand identifiera vilket underhållsintervall och typ av underhåll som erfordras för en given anläggning.

För att trygga arbetsmiljön vid allt arbete finns lagar och regler. Bland annat finns många av dessa regler upptagna i ett flertal av Arbetsmiljöverkets föreskrifter, AFS:ar. Dessa är i de flesta fall inte anpassade för berganläggningar specifikt, undantaget AFS 2010:1 Berg och gruvarbete, vilken dock inte är gällande för färdigställda berggrum utan endast gäller under tiden som en berganläggning håller på att byggas. De arbetsmiljöproblem som finns ovan jord finns även under jord men vid underjordsarbete tillkommer exempelvis problem med att det ofta är trångt och mörkt. Hur och vilka regler som gäller för arbete i vattenkraftens berganläggningar är temat för denna rapport.

1.4 RAPPORTENS SYFTE

Syftet med denna rapport är att gå igenom tillgängliga lagar och regler och analysera dessa utifrån behoven som uppkommer i berganläggningar och i berget konstruerade betongkonstruktioner, exempelvis inspektionsgångar, för att där så är motiverat användas som underlag vid framtagande av branschgemensam tillämpning av bergrelaterade regelverk.

Detta görs genom att identifiera situationer i färdiga berganläggningar där risk för kroppsskada och/eller skada på egendom kan uppstå vid drift- och underhållsarbete i anläggningarna och utifrån detta identifiera tillämpbara delar av befintliga lagar och regler.

1.5 RAPPORTENS UPPBYGGNAD

Rapportens första del beskriver vilka situationer som finns i färdiga berganläggningar och situationer som kan uppstå vid inspektions- och underhållsarbeten. Med situation menas händelser eller arbeten som behöver utföras och även rumsliga situationer som hur ett utrymme är byggt och framschaktat i berget och vad detta konstruktionsförfarande kan ha för inverkan på utrymmets underhållsbehov.

Den andra delen innehåller exempel från berganläggningar i Sverige där flera av situationerna beskrivna i första delen uppstår. Därefter redovisas inventerat material.

I den tredje delen utförs en analys med grund i de tidigare upptagna situationerna och vilka lagar, förordningar och föreskrifter som kan kopplas till vardera situation. Analysen visar reglerna påverkar arbete i berganläggningar.

Sista delen behandlar rekommendationer och redovisar vilka föreskrifter som är lämpliga i vilka situationer i tabellformat för att vara lättöverskådligt och användbart vid exempelvis skapande av "lat-hundar" att använda på arbetsplatser. Även ett exempel på förfarande vid arbete med egenkontroller och upprättande av exempelvis checklistor för olika delar av en berganläggning ges i denna del.

2 Situationer i berganläggningar

I denna rapport upptagna situationer:

2.1 EGENKONTROLLER

2.1.1 Upprättande av egenkontroller och checklistor

Vid nästan alla typer av undersöknings- och underhållsarbete finns ett behov av egenkontroller och checklistor. Det gäller både för att säkerställa att inte någon del förbises men även i förebyggande syfte för säkerhetsarbetet. Vid underjordsarbete kan det vara svårare än vid ovanjordsarbete att söka en lösning till ett problem på plats, ofta är det inte möjligt att snabbt hämta utrustning eller kommunicera med andra, därav blir det förebyggande säkerhetsarbetet viktigt. Att i förhand identifiera risker gör det möjligt att minska eller helt avhjälpa effekten av risken.

Det är viktigt att de egenkontroller som genomförs genom att exempelvis fylla i checklistor inför ett arbete eller samla in dokumentation om arbetsutrustning eller kemikalier som ska användas möter kraven i de olika regelverk som finns beskrivna i följande rapport. Att egenkontroller blir utförda på ett korrekt och systematiskt vis är viktigt då det inte alltid är samma personal som utför inspektions- och underhållsarbetena. För att utföra egenkontroller på rätt sätt måste tillhörande checklistor i sig vara utformade så att de är informativa och lättöverskådliga, i annat fall riskeras att det uppstår tvetydigheter och tolkningsutrymme.

2.2 KONTROLL OCH BESIKTNING

2.2.1 Besiktning av berg/bärande huvudsystem

Efter framschaktning av ett utrymme i berg skrotas löst berg ned och vanligtvis förstärks kvarstående berg för att block inte ska falla ut. Utrymmena är dock inte underhållsfria eftersom byggmaterialet, det naturliga berget, kan röra sig litet, vatten i sprickor omvandlar berget med tiden eller ger utfällningar som påverkar stabiliteten. Följderna blir att block och stenar som direkt efter framschaktningen av bergutrymmet var stabila efter en tid kan lossna och falla ut. Vid denna typ av arbeten, undersökningar av kvarstående berg, som utförs i färdiga berganläggningar undersöker man anläggningens insida med fysiska och okulära metoder. Undersökning sker både där berget är frilagt i anläggningen eller täckt med exempelvis sprutbetong, platsgjuten betong eller annan inklädnad. Vanligt är att man med hjälp av ett så kallat skrotspett knackar på berget och sprutbetongen, bomknackning, för att identifiera områden där berget eller betongen är bom, det vill säga där betongen eller bergblock inte har kontakt med bakomliggande berg. Bomma områden kan i senare skede behöva åtgärdas. Vid besiktningsarbeten undersöks även bergets kvalitet genom att dokumentera exempelvis sprickfrekvens, sprickors uthållighet (längd), sprickytors råhet och omvandlingsmineral. Även inläckage av vatten är av intresse, särskilt i

anläggningsdelar som kan utsättas för frost. Inspektionen görs i regel på handnära avstånd, skrotspett kan med fördel användas även i tunnlar med en takhöjd över 2 m. För högre tunnlar kan dock någon typ av lyftanordning eller ställning behövas för att kunna undersöka bergytan och sprickorna mer ingående. Är tunneln eller bergrummet försett med något inklädnadssystem som står fritt från berget behöver inspektionen utföras i mellanrummet mellan inklädnad och berg, det är då viktigt att projektering av nya konstruktioner tar detta i beaktande så att inspektion möjliggörs.

2.3 ÅTGÄRDER I BERGKONSTRUKTION

Åtgärder efter en besiktning kan bestå i att berg som inte anses tillföra stabilitet till anläggningen tas bort, man skrotar berget. Beroende av storleken för området som behöver skrotas kan detta utföras med skrotspett genom att man bänder bort berg och block eller med maskinskrotning om det gäller större mängder. Vid maskinskrotning används vanligtvis en grävmaskin eller skrotningsaggregat som med armen når ett stort område. Bergblock som är för stora för att skrota ned, eller sådana som om de tas ned kan leda till ett större förstärkningsbehov, kan istället sättas fast med hjälp av bergbult. Dessa bultar består ofta av kamstål med diameter 20-32 mm (i Kvarntorpsgruvan används 20 mm bultar, Trafikverkets anläggningar använder vanligtvis 25 mm för vanlig bergförstärkning och 32 mm till förförstärkning). Längden anpassas till aktuell situation men ska vara tillräckligt för att nå minst 1 m in i bakomliggande berg. Bultarna monteras genom bergblocket och förankrar detta med hjälp av ingjutning, ofta av trögflytande cement. För detta åtgärdsarbete krävs att man borrar genom blocket. Montering av bultarna utförs ofta för hand så länge bultarna inte är alltför långa.

2.3.1 Bergrum med höga spänningar, smällberg

I berget finns spänningar, både vertikala och horisontella som induceras dels av anläggningens djup, eller tyngd från ovanliggande berg och jord, och dels av rörelser i jordskorpan – plattetektonik. Spänningsförhållandena, magnituden och riktningen på spänningarna, skiljer sig åt mellan olika platser. I områden där spänningarna i berget är höga kan detta leda till spänningsinducerade brott. Ofta sker detta på stora djup i berget men kan även ske vid mindre djup om de horisontella spänningarna är tillräckligt höga. När ett bergrum schaktas ut sker en omlagring av spänningarna runt bergrummet. Beroende av det naturliga spänningstillståndet och bergrummets geometri kan spänningarna i delar av bergrummet i förhållande till bergets hållfasthet ge upphov till spjälkningsbrott i kristallin berggrund. Om skillnaderna på spänningarna och hållfastheten är hög kan brotten ske snabbt och delar av berget kastas ut från ytan av berganläggningen, så kallat smällberg. Problem med spänningsinducerade brott kan återkomma om nya bergrum eller tunnlar schaktas fram intill gamla då omlagring av bergmassans spänningar åter sker.

2.4 PERSONOLYCKOR

2.4.1 Fallolyckor

Till berganläggningar hörande anslutningstunnlar eller -schakt finns ofta utrymmen med hög takhöjd eller områden med höga bergskärningar. Om det saknas anslutningstunnel som möjliggör transport med bil är stega och trappor ofta det enda sättet att ta sig ned i berganläggningen. Dessa delar är ofta tillverkade av korrosionsskyddat stål men tunnelmiljön med konstant hög luftfuktighet har trots det ofta en påverkan på materialet vilket gör att installationerna försvagas. Detta gäller även infästningar till stegar och trappor och ökar över tid risken för olyckor.

2.4.2 Halkrisk

Mycket vanligt är att bergmassan i vilka berganläggningar uppförs innehåller vattenförande sprickor och förkastningar. Vattnet som letar sig in i bergrum och -tunnlar dräneras vanligtvis bort från väggar och tak ned till botten där berganläggningens lutning får vattnet att rinna till en fördjupning, pumpgrop, varifrån det kan pumpas ut. I anläggningar där det inte anses nödvändigt åtgärda man dock inte inläckage, det kan till exempel gälla tillfartstunnlar eller utrymmen som saknar teknisk utrustning. Inläckage kan även "flytta sig" i ett befintligt bergutrymme; ett område där vatten droppar från taket kan efter ett antal år försvinna eller uppstå på annan plats i anläggningen då det med tiden sker utfällningar i bergets sprickor som har en tätande effekt. Berg eller betong med vatten på är i sig en halkrisk då ytan kan bli hal, men det finns även risk för att det bildas en beläggning eller en biologisk påväxt av alger som kan bli mycket hal.

Samtliga delar av en berganläggning används sällan lika frekvent, därmed är det även brukligt att underhållsarbetet varierar i anläggningen. I delar av en berganläggning som inte används frekvent finns därför risk att sten fallit ned från tak eller vägg vilka man lätt kan snava på. Denna risk kan bedömas genom att veta när ett utrymme senast skrotats och rensats från nedfallen sten.

2.4.3 Arbetsplatsens utformning

Att arbeta under jord kan inte likställas med arbete i lokaler utan dagsljusinsläpp eftersom det i vissa fall vid underjordsarbete inte är möjligt att ta rast ute. Därför bör arbetsplatsen vara utformad med detta i åtanke. Exempel från SKB:s anläggning för lågaktivt avfall i Forsmark där väggarna målats i ljusa färger och målade "fönster" med utsikt ger en illusion av ovanjordsarbete.

2.4.4 Belastningsbesvär

Vid byggnation i berg är det inte alltid möjligt att utforma utrymmen på samma sätt som ovan jord. Problem kan därmed uppstå i berganläggningar vid om- och tillbyggnationer eftersom det inte alltid är möjligt att utöka utrymmet då detta kan kräva bergschaktningsarbeten i en driftsatt anläggning. Ett vanligt exempel är att utrymmet mellan berg och installationer, som ska användas vid inspektioner, blir alltför litet. Detta kan få till följd att driftpersonal behöver använda

arbetsställningar som inte är bra för kroppen med belastningsbesvär som följd. Beroende av vilka regler och krav som fanns vid byggnation av berganläggningen är problemet olika mellan nya och äldre anläggningar.

2.4.5 Tung utrustning och manuell hantering

Då det i berganläggningar kan finnas utrymmen dit man inte når med fordon kan det vara nödvändigt att med muskelkraft transportera utrustning, både för drift och för underhåll. Transport kan behöva utföras i tunnlar eller andra plana bergutrymmen men även i schakt. Finns inte möjlighet att från ytan hissa ned utrustningen hela vägen måste manuell hantering utföras. Vid manuellt underhållsarbete, exempelvis skrotning, kan nedskrotat material behöva bortforslas delvis manuellt och då materialet består av sten är det ofta tungt. Även förstärkningsarbeten i form av borrhning och bultsättning kan behöva utföras manuellt och är även det ett tungt arbete med lyft av exempelvis stålbulvar och betongsäckar.

2.4.6 Belysning

Belysningen är en mycket viktig del då det sällan finns några naturliga ljuskällor eller ljusinsläpp i en berganläggning. En rå bergyta är väldigt ojämn, ofta är bergets färg också mörk. Detta medför att ljus inte reflekteras väl mot bergytorna och en betydligt starkare ljuskälla än vad motsvarande ovanjordskonstruktion kräver kan vara nödvändigt. Det är även mycket viktigt att medföra egen belysning i det fall den fasta belysningen slutar fungera. Bergrum som är förstärkta med sprutbetong reflekterar ljus bättre då betongen jämnar ut den råa bergytan och skapar en slätare yta som är ljusare till färgen. I sprutbetong kan färgpigment inblandas för att få en ljus betong och ytterligare förbättra ljusreflektion.

2.4.7 Kommunikation

Arbete i en berganläggning, både vid drift och vid underhållsarbete, kan bestå av ensamarbete (fysisk isolering) om arbetstagaren inte har möjlighet till fysisk kontakt med andra. Om så är fallet är det viktigt att det finns andra kommunikationsmöjligheter. Dessa kan bestå i elektroniska kommunikationsmedel så som fasta förbindelser eller radioförbindelser. Det är också viktigt att man har rutiner för daglig kommunikation eftersom det oftast inte går att stå i konstant förbindelse via telefon, radio eller liknande. I bergtunnlar släcks radiosignaler ut effektivt varför fasta installationer är att föredra. I tunnlar och utrymmen som inte används frekvent kan elektroniska kommunikationsmöjligheter, både fasta och trådlösa, helt saknas, vid arbeten i sådana måste man på förhand bestämma hur kommunikation ska kunna ske.

2.5 HYGIENISKA GRÄNSVÄRDEN

2.5.1 Kvartsdamm

Problem med kvartsdamm uppstår mestadels vid åtgärdsarbeten i berganläggningar, exempelvis vid borrhning för montering av

bergförstärkningsbult. Borrningen ger upphov till borrhax i olika fraktioner och vid borrning i en bergart där kisel bildat kvarts, exempelvis granit, bildas även mycket små fraktioner som benämns kvartsdamm. Dammet är vid inandning skadligt för lungorna. Vid borrning under jord används vatten för att spola ur borrhaxet under borrning, detta vatten hjälper även till att binda dammet. Vid borrning ovan jord används ofta luft istället för vatten, detta binder inte dammet utan det måste omhändertas på annat vis.

Beroende av vilken berggrund som finns i området kan andra ämnen än kvarts orsaka problem. Exempelvis finns bergarter med förhöjda halter arsenik, koppar, bly eller andra tungmetaller. Dessa är inte sällan bundna i en form av mineral som reagerar med syre och vatten. Så länge mineralet finns i berget är metallerna fasta. Det finns dock risk att metallerna löses ut i kontakt med vatten i berget och sedan transporteras till andra platser. Om vattnet dräneras och pumpas till en damm kan koncentrationerna av ämnena i denna bli kraftigt förhöjda.

Vissa bergarter och mineral vittrar även i kontakt med enbart syre. Vittringen kan ge upphov till damm som innehåller förhöjda halter av hälsovådliga ämnen. I utrymmen som inte används frekvent kan detta bli ett problem.

2.5.2 Asbest

Bergarter med mineral ingående i amfibolgruppen eller serpentinserien kan avge asbestliknande partiklar vilket är skadligt för lungorna vid inandning. Mineralen har uppstått vid metamorfos av ultramafiska bergarter och vissa av dem, exempelvis krysotil, har en fibrös struktur. Metamorfos är en omvandlingsprocess där berget utsätts för höga tryck och/eller höga temperaturer. En i Sverige vanligt förekommande bergart som uppstått genom metamorfos och omvandling av andra bergarter är gnejs. Problem kan uppstå vid borrning i berg med asbestmineral på grund av borrhaxet men även berg utan påverkan av borrning kan avge dessa partiklar. Denna typ av berg kan leda till problem i oventilerade utrymmen. Amfiboler återfinns i berget i större delen av Sverige, dock är det inte all amfibol som bildar asbest.

2.5.3 Partiklar från förbränningsmotorer

Vid de flesta typer av åtgärdsarbeten i berganläggningar nyttjas fordon eller maskiner med förbränningsmotorer. Då bensin inte är tillåtet i berganläggningar på grund av brandrisken är fordon och maskiner dieseldrivna. Dieseldrivna motorer ger upphov till kväveoxider men också till partiklar, mikroskopiska sotflakor, från ofullständig förbränning i motorn. Partiklarna är vid inandning skadliga för lungorna.

2.6 BULLER

2.6.1 Vid åtgärds- och förstärkningsarbeten

Om berget behöver förstärkas används ofta metoder där säkring av berget sker genom förankring, exempelvis med bergbult. Förankringen sker i stabilt berg och kräver oftast att borrning utförs. Borriggar bullrar mycket när borrning i berget

utförs. Även övriga maskiner kan bullra mycket. Inuti exempelvis en tunnel är även avstånd till väggar och tak relativt kort, jämfört med ovanjordsarbete, och kan få ljudet att intensifieras. Å andra sidan isolerar bergmassan ljud bra vilket medför att drift i en del av en anläggning sannolikt kan pågå samtidigt som underhållsarbeten utförs i en annan.

2.6.2 Vibrationer (turbiner eller dylikt)

Installationer och utrustning kan inte alltid stängas av eller kopplas ur när en inspektion eller ett underhållsarbete i berget ska utföras. Därmed finns risk att utsättas för vibrationer om drift eller underhållsarbete utförs i närhet av utrustningen. Då utrymmet i berganläggningar ofta är begränsat kan inspektion och åtgärdsarbeten behöva utföras nära utrustning som avger vibrationer och buller.

2.7 RADON

2.7.1 Radon i luft

På många platser i Sverige finns uran i berggrunden. Halten och koncentrationen skiljer sig åt geografiskt i landet. Något förhöjda halter av uran är vanligt förekommande i granit men det finns även bergarter med kraftigt förhöjda uranhalter, exempelvis alunskiffer. Dessas geografiska utsträckning är dock inte lika stor som granitoida bergarters utbredning (Norlin, o.a., 2016), (Jelinek & Eliasson, 2015). Uran sönderfaller till bly, i sönderfallskedjan finns grundämnet radium som ger upphov till radon, ett grundämne som vid jordytans tryck och temperatur är gasformigt. Problem med radongas kan uppstå i byggnader där grunden inte är ventilerad. För att avhjälpa förhöjda halter av radon i bostäder används ventilation av grunden alternativt extra ventilation i bostaden. Eftersom radon är en gas sprider den sig lätt i ett utrymme, men är också lätt att bli av med genom ventilering (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2018). Eftersom radongasavgången kan ske från samtliga sidor (botten, väggar och tak) i en underjordisk berganläggning kan radonhalten vara förhöjd även om berget inte har en förhöjd halt av uran. Särskilt i utrymmen som saknar ventilation kan radongaskoncentrationen vara förhöjd.

2.7.2 Radon i vatten

Radongas är lösligt i vatten, därmed kan vatten i sprickor i berget innehålla radon. Om grundvattnet som rör sig i berget passerar ett område med uranhaltiga mineral kan radongas lösas i vattnet. Om vattnet läcker in i en berganläggning kan det där avge radongasen. Därmed kan vattnet ge upphov till förhöjd radongaskoncentration även i berganläggningar i områden med berg utan förhöjd uranhalt.

I utrymmen där vatten magasineras temporärt kan radongaskoncentrationen temporärt förhöjas när utrymmet är vattenfyllt. Framför allt när vattnet tas in eller pumpas ut finns risk att koncentrationen höjs eftersom radongasen lämnar vattnet lättare vid omrörning.

2.8 SLUTNA UTRYMMEN

2.8.1 Syrebrist

I utrymmen som saknar ventilation och som inte används frekvent kan syrebrist uppstå, dels genom att tyngre gaser, exempelvis koldioxid, tränger undan syre men även genom att det kan finnas biologiska och kemiska processer som förbrukar syre.

2.8.2 Giftiga eller explosiva gaser

I utrymmen utan ventilation där biologiska och kemiska processer frigör giftiga och/eller explosiva gaser, exempelvis metan och svavelväten, kan koncentrationen av dessa gaser bli förhöjd. Många av dessa gaser är tyngre än luft och kan ansamlas i utrymmen som är lågt belägna.

2.9 ARBETEN NÄRA INSTALLATIONER VILKA ÄR I DRIFT

2.9.1 Utrymmesbrist vid bergbesiktning

Vid besiktning av berganläggningar utförs oftast handnära inspektion, detta omöjliggörs dock om installationer är placerade för nära bergväggen eller om det på grund av installationens funktion inte går att röra sig nära denna så länge den är i drift.

2.9.2 Vid åtgärdsarbeten

Vid exempelvis borring i berg använder man utrustning som är utrymmeskrävande. Utrustningen innehåller många rörliga delar och kan ibland även behöva förflyttas under tiden arbete utförs. Viss utrustning kräver även att manuellt arbete utförs som exempelvis inbegriper förflyttning av långa borrarstänger. God uppsikt och koordinering av arbetet krävs för att inte maskiner och utrustning ska skada installationer som är i drift.

2.10 SKYDD AV INSTALLATIONER

Arbete med att skydda installationer från vatten utförs i byggfasen av en berganläggning men kan även behöva utföras efterhand då inläckage i bergtunnlar och -utrymmen kan flytta på sig.

2.10.1 Skydd mot dropp

I vattnet som finns i bergets sprickor finns lösta grundämnen, exempelvis kalcium. När vattnet läcker in i en berganläggning fälls ämnena ut. Inträngande vatten kan bygga upp lager av kalcit som bildar stalaktiter och stalagmiter. Dropp på installationer kan leda till problem dels om vattnet tränger in i installationerna men utfällningarna kan även kapsla in utrustning vilket gör den svåråtkomlig. Exempelvis om utfällningarna får till följd att de blockerar en lucka eller liknande.

Andra ämnen lösta i vattnet kan ha egenskaper som är direkt skadliga för installationer, exempelvis vatten som är korrosivt. Vid dropp på installationer kan utrustningens livslängd förkortas.

2.10.2 Skydd mot inträngande vatten

Berggrunden består av berg som genomkorsas av sprickor. Sprickornas egenskaper skiljer sig åt mellan olika platser och vissa egenskaper uppträder lokalt. Det är därför svårt att korrekt förutsäga hur berggrunden beter sig på ett visst djup vid en viss plats. Vid höga vattenflöden kan trycket i botten av en damm få till följd att vatten tränger upp genom sprickor i berganläggningen nedanför dammen. Detta kan vara årstidsberoende och medföra att ett utrymme som antas vara torrt under vissa perioder kan innehålla vatten.

2.11 BRAND OCH UTRYMNING

2.11.1 Brand under jord

Om brand uppstår startar dessa ofta i fordon (Hansson, Bäckman, Linder, Lindmark, & Reistadmo, 2016). Bränder i tunnlar och bergrum blir snabbt ett stort problem i en underjordsanläggning då utrymnings- och insatsvägarna är begränsade både till antal och utrymme. Bränder är svårsläckta då det ofta är plast och gummi som brinner. Materialen utvecklar mycket rök och värme och eftersom berg inte är en bra värmeledare ökar temperaturen inuti en berganläggning mycket snabbt vid brand.

Att förhindra att en brand startar i underjordsanläggningar är mycket viktigt. Många anläggningsägare har som krav att fordon och maskiner som nyttjas under jord ska vara dieseldrivna. Ofta används vid drift- och inspektionsarbeten vanliga dieseldrivna fordon, men elektrifieringen av samhället möjliggör även att el-fordon med batterier kan komma att nyttjas. I dagsläget saknas dock specifika regler för hur batteridrivna el-fordon som ej är speciellt framtagna för underjordsarbete ska hanteras.

2.11.2 Utrymning

Vid brand eller andra nödlägen måste personal sättas i säkerhet. I undermarksanläggningar kan detta ske genom utrymning av personalen, det vill säga att man tar sig till en säker plats utanför anläggningen. Då det i undermarksanläggningar kan vara långt till en utgång kan istället flyktkammare nyttjas. I dessa ska personer vara skyddade mot värme och brandgaser till dess att nödläget är avvärt och anläggningen är säker nog för räddningspersonal att nå de nödställda.

3 Exempel från anläggningar

3.1 DAMM, HYGIENISKA GRÄNSVÄRDEN

Vid ett flertal kraftverksdammar i mellersta och norra Norrland har Sweco under 2014-2018 gjort undersökningar av inträngande vattens ofta rödbruna utfällningar. Vattnet ger en utfällning som ibland innehåller förhöjda halter, halter över riktvärdet för mindre känslig markanvändning 25 mg/kg, och ibland även halter över gränsvärdet för farligt avfall 1000 mg/kg, av bland annat arsenik. Även höga halter av barium, kobolt och zink har påträffats i utfällningarna. Vattnet som för med sig grundämnena är grundvatten som tränger ut ur berget. I vattnet finns järn vilket vid oxidering bildar trevårt järn som arsenik lätt kan adsorberas till. Under dessa förutsättningar ackumuleras arseniken därmed i utfällningarna så länge grundvatten tillförs.

Halten arsenik i vattnet, om det ansamlas, kan bli hög och utgöra en risk för någon som faller ned i vattnet och därmed får i sig dessa ämnen via vattnet. Om sådant vatten finns i ett område där det kan avdunsta blir det kvar ett fint damm som innehåller de grundämnena som fanns lösta i vattnet. Detta damm kan innehålla höga halter av exempelvis arsenik och vara hälsovådligt att andas in. Dammet sprids lätt vid exempelvis mekanisk städning typ sopning. I aktuella anläggningar upprättades förslag till skyddsåtgärder för att minimera risken att utsättas för ämnena samt åtgärder vid oavsiktlig inhalering eller nedsväljning (förslagen redovisas under avsnitt 5.5).

3.2 DROPP PÅ UTRUSTNING

Inläckande vatten kan leda till tekniska problem om det droppar på eller nära utrustning (elektrisk eller övrig teknisk utrustning). Vatten som tränger in i elektrisk utrustning medför en risk för överslag och kortslutning varvid även brand kan uppstå. Men även vatten som inte tränger in i utrustningen kan vålla bekymmer. Sweco ansvarade 2019 för bygglösning vid ombyggnation och instrumentering av kraftverket vid Storfinnforsen. Där har uppmärksamats att inträngande vatten medförde bland annat kalcium. Vattnet vid en plats droppade ned framför ett apparatskåp. Där vattnet landade fälldes en del av kalciumet ut och en förhöjning bestående av kalcit skapades. Denna ökade i storlek för varje droppe som landade och kapslade till slut in en del av skåpet och gjorde detta svårt att öppna. Även installationer längs väggar där vatten rinner påverkas av utfällningar, elkablar etc som ligger direkt mot en vägg längs vilken vatten rinner kan kapslas in. Det observerades även att installationer kan leda ut vattnet som rinner längs väggen mot rummet och där skapa bekymmer då det inte dräneras bort på rätt sätt. När vattnet rinner ut över golvet istället för genom avlopp och dräneringsrör skapas påbyggnad som även kan vara hal.

3.3 TUNNELSYSTEM TROLLHÄTTAN

Sweco har utfört ett stort antal besiktningar och inspektioner av berget i VA-tunnlar. Inspektionerna har identifierat områden i behov av underhåll, exempelvis

i form av skrotning eller förstärkning med bultar och nät och bland annat legat till grund för upprättande av underhållsprogram.

Skrotnings och förstärkningsarbeten är ett arbete som kan vara riskfyllt i normala fall och i de fall man skall utföra detta i en anläggning där man har begränsat utrymme är det mycket besvärligt. I Trollhättan finns ett VA-tunnelsystem som sträcker sig under större delen av staden. Tunnelarna står även i kontakt med en nivåregleringstunnel som tillhör vattenkraftanläggningen. Denna tunnel används för att reglera vattennivån i fördämningen vid kraftverket och vattennivån i tunneln kan skifta snabbt. Tunnelarna är byggda från 1950-talet och fram till 1980-talet och skiljer sig markant åt gällande storlek. De flesta tunnelarna är cirka 2,5 x 2,5 m men vissa mindre, se Figur 3-1.



Figur 3-1 Tunnel med liten area, Trollhättan

För åtkomst till tunnelarna nyttjas ofta vertikala schakt med stegar, trappor och avsatser. Avståndet till markytan kan vara 40 m eller mer. I tunnelarna rinner både spillvatten och dagvatten. Vid inspektion av tunnelarna återfanns på en plats en mindre mängd odetonerat sprängämne i ett borrhål, sannolikt härrörande från när tunnelarna byggdes.

Vid inspektions- och underhållsarbeten i dessa tunnlar måste hänsyn tas till ett flertal risker och situationer som kan uppstå. Redan vid nedstigning i tunnelarna måste stegar, trappor, ledstänger med mera undersökas då miljön i vissa tunnlar har en starkt negativ inverkan på stålkonstruktioner. Vattennivåerna i tunnelarna kan snabbt öka, det finns ingen möjlighet till elektronisk kommunikation i tunnelarna, därmed är rutiner för kommunikation med ytan mycket viktiga. Då flödet i tunnelarna inte är konstant finns områden där botten är skiftande torr och blöt, påväxt av alger gör botten mycket hal och risken att halka eller snubbla är stor, i arbetskläder ingår alltid stövlar med halkskydd. Vissa av de biologiska

processer som sker konsumerar syre vilket får till följd att det finns platser där syrgashalten är låg. Anaeroba processer avger giftiga gaser och ibland även explosiva gaser. Vid allt arbete i tunnarna måste därför gasvarnare medföras. Att utföra underhållsarbete i smala tunnlar medför att utrustning blir svårare att hantera på ett säkert sätt, speciellt utrustning med roterande delar där säkerhetsavståndet är svårt att upprätthålla. Även transport av utrustning och material blir betydligt svårare då det inte går att använda fordon. Vid ned- och uppstigning till tunnarna finns risk att falla eller i värsta fall att stegen släpper från infästning, sele och fallskyddsanordning behövs för att förhindra olycksfall.

3.4 SMÄLLBERG, HÖGA BERGSPÄNNINGAR

Höga bergspänningar som leder till så kallat smällberg förekommer normalt sett under bergschaktningsarbeten med drivning på stora djup där man har mycket stor bergtäckning. När spänningarna blir tillräckligt höga går berget i brott. Vid låga bergspänningar sker utfall vanligtvis genom att stenblock lossar och rasar från väggar och tak men där bergspänningarna är så höga att berget går i brott skjuts bergstycken iväg, in i bergrummet, med mycket stor kraft. När detta händer kan även förskjutningar av berget ske, det kan liknas vid ett mindre, lokalt jordskalv. Detta förekommer bland annat i flera svenska gruvor vid brytning på stora djup. Vid byggandet av Lærdalstunneln i Norge (världens längsta vägtunnel 24,5 km, 1995-2000) förekom smällberg. Man hade där en bergtäckning på mer än 1500 m och det förekom så stora bergspänningar att borrhjulen, som väger närmare 50 ton, vid drivningsfronten bokstavligen hoppade när de satte in (Arvidsson, 2019). Normalt upphör detta fenomen en stund efter att bergschaktningen utförts.

3.5 INKLÄDNADSSYSTEM OCH RADON

Sweco har under flera års tid utfört löpande besiktningar för att identifiera behovet av bergunderhåll i Kvarntorpsgruvan utanför Kumla. Gruvbrytningen lades ned i början av 2000-talet. Nuvarande ägare hyr ut delar av gruvan för olika ändamål. Bland annat hyr ett företag som lagrar bokföringspapper en stor del av gruvans orter medan en annan del används för provning av gruvmaskiner.

Berggrunden i gruvan utgörs av horisontellt lagrad sandsten överlagrad av dels lerskiffer, dels alunskiffer. Sandstenens egenskaper har gjort det möjligt att göra orterna rektangulära utan valv i taket och gruvan är utbruten med parallella orter med kvarlämnade pelare mellan för att säkerställa takets stabilitet. Hela gruvan utgörs av ett plan med orter som är ca 10 m breda och ca 5 m höga och avgränsas av 6 m breda pelare mellan varje ort.

Den del av gruvan som används som lagerplats åt papper är delvis inklädd med ett ramverk av trä som är klätt med plåt på taket och presenningar i väggarna. Området utgörs av längsgående orter, huvudorter, som fungerar som entré- och transportorter samt tvärgående orter från huvudorterna där lagringen sker. Av dessa orter är det tvärorterna som är inklädda. Ingångarna till tvärorterna är igenbyggda med lättbetongblock och dörrar. Inklädnaden fungerar som en klimatbarriär och gör att det med hjälp av luftavfuktare går att hålla torrt i utrymmet där papper lagras medan det bakom inklädnaden är fuktigare.

Utrymmena där lagring sker är också uppvärmda och eftersom ventilationen bakom inklädnaden är mycket begränsad blir utrymmet mellan bergvägg och inklädnad varmt, bedömningsmässigt upp till 30 grader.

Inklädnaden gör att inspektionsmöjligheterna begränsas, framförallt är det svårinspekterat i taket där plåten sitter nära berget, ned till ca 30 cm, se Figur 3-1.



Figur 3-2 Begränsat utrymme mellan berg och inklädnad

För att kompensera för svårigheten att göra inspektion är det med jämna mellanrum installerat öglor i bergtaket med vilka det två gånger per år görs precisionsavvägning för att kontrollera takets långtidsstabilitet. Okulär besiktning utförs också för att se sprickbildningar och om stenar har börjat falla ned på plåttaket någonstans.

En konsekvens av att stänga igen flertalet orter i gruvan är att ventilationsvägar förändras. Detta har synts i Kvarntorpsgruvan främst genom att de oinklädda huvudorterna fått gula utfällningar på väggar och tak som till slut faller ned som ett gult pulver. Detta har avhjälpes genom att dels öka ventilationen, luftmängden, som flödar genom huvudorten, dels genom att ersätta delar av de platsbyggda väggarna med galler för att förändra luftvägar, och dels genom att montera ett finmaskigt geonät i taket som hindrar utfällningarna från att falla ned men som fortfarande möjliggör okulär inspektion, se Figur 3-2.



Figur 3-3 Takinklädnad med finmaskigt nät

En annan effekt av att stänga utrymmen i gruvan är att det i delar blir mycket höga radongashalter, det har uppmätts 800-1000 Bq/m³ luft. Radonhalten i gruvan där det inte finns inklädnad eller igenbyggda orter är generellt låg, vanligtvis 0-100 Bq/m³. Radonhalterna mäts dels genom att placera ut dosor för långtidsmätning och dels genom momentanmätningar på valda platser. En sådan mätning tar cirka 1 timme att utföra och ger en uppskattning av halten radongas i luften. Dessa mätmetoder ger ibland mycket höga halter i de delar av gruvan som är igenbyggda. Det företag som lagrar papper har dessutom låtit alla sina anställda ha personliga spårfilmsmätare vid arbete under jord. De personliga mätningarna visar att de som är i gruvan utsätts för låga halter över tid, sannolikt på grund av att de rör sig i olika områden hela tiden och alltså inte uppehåller sig längre tid i områden med radongasnivåer som överskrider gränsvärdet för vad som är tillåtet. För att minska radonhalterna finns i varje lagringsort ett ventilationssystem som tar ut luften till huvudorten som i sin tur ventilerar vidare ned i gruvan och slutligen, med en fläkt installerad i ett vertikalschakt, upp till ytan.

Sammantaget gör inklädnaden att det går att styra klimatet i stängda rum, till och med till den grad att det går att lagra papper under jord. Dock medför inklädnaden vissa konsekvenser avseende radonhalter och möjligheter till inspektion. Båda dessa är i fallet med Kvarntorpsgruvan hanterbara. En erfarenhet att ha med sig är att det vid design av ett inklädnadssystem är viktigt att ta hänsyn till möjligheten att kunna utföra inspektioner. Hur detta ska ske kan vara olika från projekt till projekt då det finns olika inspektionsmetoder. Ytterligare en erfarenhet är att det initialt med hjälp av personlig radonmätningsutrustning skulle kunna gå att identifiera vilka anläggningsdelar som behöver åtgärdas med exempelvis ökad ventilation istället för att designa denna efter enbart platsspecifika direkt- eller långtidsmätningar av radonhalter. Användandet av personlig mätutrustning skulle sedan inte behöva nyttjas lika frekvent.

4 Tillgängliga regler och skrivelser

4.1 KRAVHIERARKI

Lagar, förordningar och föreskrifter hanteras olika och har olika juridisk tyngd. Regelverken förhåller sig till varandra genom att det som står i förordningar och föreskrifter inte får vara motstridigt det som står i lagen. Förordningar och föreskrifter preciserar det som står i lagarna.

Från Svensk Författningssamlings webb:

- Lag: regler som får konsekvenser för enskilda medborgare och företag måste finnas i form av lagar, vilket innebär att riksdagen fattar beslut om dem.
- Förordning: regler utan sådana konsekvenser kan regeringen besluta direkt genom att utfärda en förordning.
- Föreskrift: detaljregler inom vissa sakområden kan myndigheter besluta genom att utfärda en föreskrift.

Högst upp i hierarkin återfinns lagar, vilka primärt är fokuserade på arbetsmiljö och säkerhet. Ju längre ned i hierarkin desto mer tekniskspecifikt. Längst ned återfinns skrivelser som inte har direkt koppling till lagar utan som blir ett krav när de åberopas, exempel på detta är Trafikverkets skrivelse Krav Inspektion av byggnadsverk, TDOK 2018:0179.

4.2 INVENTERING

Inom uppdraget har inventering av lagar, regler, föreskrifter, krav och skrivelser för de i tidigare kapitel identifierade situationerna utförts. Inventeringen har gjorts av material från Arbetsmiljöverket, Trafikverket, Strålsäkerhetsmyndigheten samt litteratur om radon, Elsäkerhetsverket, Svemins rekommendationer och Naturvårdsverkets förordningar. Inventeringen syftar till att identifiera delar som har bäring på drift av vattenkraftens berganläggningar.

Inventerat material:

- Miljöbalk 1998:808
- Arbetsmiljölagen 1977:1160
- Naturvårdsverkets förordning om verksamhetsutövers egenkontroll, 1998:901
- Strålsäkerhetsmyndigheten, Föreskrifter om radon på arbetsplatser, 2018:10
- Arbetsmiljöverket, Berg och gruvarbete, AFS 2010:1
- Arbetsmiljöverket, Vibrationer, AFS 2005:15
- Arbetsmiljöverket, Användning av arbetsutrustning AFS 2006:4
- Arbetsmiljöverket, Skydd mot skada genom fall AFS 1981:14
- Arbetsmiljöverket, Arbetsplatsens utformning AFS 2009:2
- Arbetsmiljöverket, Belastningsergonomi AFS 2012:2
- Arbetsmiljöverket, Byggnads och anläggningsarbete AFS 1993:3
- Arbetsmiljöverket, Ensamarbete AFS 1982:3
- Arbetsmiljöverket, Kvarts stendamm i arbetsmiljön AFS 2015:2
- Arbetsmiljöverket, Hygieniska gränsvärden AFS 2015:7
- Arbetsmiljöverket, Asbest föreskrifter AFS 2006:1

- Arbetsmiljöverket, Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller AFS 2005:16
- Arbetsmiljöverket, Kemiska arbetsmiljörisker AFS 2011:19
- Arbetsmiljöverket, Systematiskt arbetsmiljöarbete AFS 2001:1
- Elsäkerhetsverket, Föreskrifter och allmänna råd om elsäkerhet vid arbete i yrkesmässig verksamhet, ELSÄK-FS 2006:1
- Strålsäkerhetsmyndigheten, Nationell handlingsplan för kartläggning av radon
- Radonboken, Gustav Åkerblom
- Trafikverket, Inspektion av byggnadsverk, TDOK 2018:0179
- Trafikverket, Råd Tunnelbyggnad, TDOK 2016:0232
- Trafikverket, Krav Tunnelbyggnad, TDOK 2016:0231
- Svemin, Brandskydd i gruv- och berganläggningar
- Energiföretagen Sverige, EBR Vattenvägar, ESA - VA:15

5 Analys

I följande kapitel redovisas analys av inventerat material och dess inverkan och tillämpning inom vattenkraftens berganläggningar. Paragrafer och lagar hänvisade till i analysen återfinns under kapitel 6.

5.1 KRAVHIERARKI

Miljöbalken och arbetsmiljölagen är de i detta hänseende överst ställda reglerna. Paragraferna i dessa lagar är utformade för att passa flera situationer och arbeten. Vad som följer i förordningar och föreskrifter står ej i motsats till vad lagarna säger, generellt är lagtexterna därmed av mindre nytta även om de är av överordnad betydelse. Berganläggningar och bergarbeten är en specialiserad typ av miljö och arbete, de föreskrifter som finns gällande arbeten i sådan miljö är betydligt mer användbara.

5.2 EGENKONTROLLER

Enligt Naturvårdsverkets Förordning om verksamhetsutövers egenkontroll 1998:901 gäller kraven i förordningen sådan verksamhet som omfattas av tillstånds- eller anmälningsplikt enligt 9 eller 11-14 kapitlet Miljöbalken 1998:808. I kapitel 11 i Miljöbalken, 6 § anges bland annat att med vattenverksamhet för produktion av vattenkraftsel avses en vattenverksamhet som innebär vattenreglering, vattenbortledning, vattenöverledning eller annan påverkan på vattnets flöde och

1. är avsedd för produktion av el genom omvandling av energin i strömmande vatten, eller
2. när verksamheten påbörjades, var avsedd för sådan produktion

Detta ger att kraven om verksamhetsutövers egenkontroll enligt 1998:901 gäller vid exempelvis åtgärdsarbeten, både för anläggningar som är i drift men kan också tolkas som att det torde gälla för anläggningar som tagits ur drift.

Naturvårdsverkets förordning om verksamhetsutövers egenkontroll 1998:901 anger under 5 § att verksamhetsutövaren ska ha rutiner för att fortlöpande kontrollera att utrustning m.m. för drift och kontroll hålls i gott skick och att denna kontroll skall dokumenteras. Hur denna dokumentation ska göras, förvaras eller tillgängliggöras anges inte i förordningen. Varje verksamhetsutövare bör tillse att dokumentationen tillgängliggörs och gås igenom inför drift- och underhållsarbeten. Diskussion kring detta förs i kapitel 8.

Vidare anges i Miljöbalken 1998:808 26 kapitlet, § 19 att den som bedriver verksamhet eller vidtar åtgärder som kan befaras medföra olägenhet för människors hälsa fortlöpande ska planera och kontrollera verksamheten, samt lämna förslag till kontrollprogram om tillsynsmyndigheten begär det. Detta borde rimligtvis tolkas som att drift- och underhållsarbeten, så väl besiktning som åtgärder, i berganläggningar tillhörande vattenkraften, driftsatta såväl som tagna ur drift, skall vara planerade och kontrollerade arbeten. Kontrollen bör åtminstone omfatta anläggningsägarens egenkontroll av att de vid vart arbete uppfyller krav i

gällande föreskrifter samt tillämpar de åberopade kraven från skrivelser som inte är styrande i sig.

Verksamhetsutövaren ansvarar för egenkontroll enligt ovan angivna lagar och förordningar. För att säkerställa anläggningens funktion är en del att besikta och underhålla berganläggningar vilket kan utföras med hjälp av leverantörer.

5.3 KONTROLL OCH BESIKTNING, ÅTGÄRDSARBETEN

AFS 2010:1 Berg och gruvarbete beskriver att undersökning och riskbedömning ska utföras innan arbete påbörjas. AFS:en anger att den är tillämplig vid nyanläggning. I följande avsnitt görs dock en analys av delar som kan användas vid drift- och underhållsarbeten och i avsnitt 6 ges en rekommendation av tillämpliga delar. Denna AFS är tillämplig för kontroll- och besiktningsarbeten och bör utgöra grunden för arbetsmiljöplan och egenkontroll innan arbeten påbörjas. Undersökning anses nödvändig att utföra innan besiktningsarbeten och/eller underhållsarbeten påbörjas. Bergrum med höga spänningar lyfts särskilt fram som ett riskmoment och bergspänningsförhållandena på platsen ska analyseras innan underhållsarbeten eftersom skrotningsarbeten i bergrum med höga spänningar kan medföra blockutfall i annan utsträckning än i bergrum med normala bergspänningar. Höga bergspänningar i bergrum kan ge stabilitetsproblem även efter att bergrummet tagits ut. Om ett sedan tidigare utschaktat bergrum utsätts för en spänningsomlagring, exempelvis om ett nytt bergrum schaktas ut i närheten, kan problem med höga spänningar återkomma. Genom att, utifrån kända förhållanden, analysera förväntade bergtekniska problem kan inspektions- och åtgärdsarbetet göras både säkrare och effektivare. Paragraf 36 i samma AFS anger även att åtgärder ska vidtas för att förebygga risken att man borrar på odetonerat sprängämne. Detta innebär att det innan alla typer av borrhningsarbete måste utföras en rensning och kontroll av berget där borrhningen kan komma att utföras, exempelvis vid borrhning för bult.

AFS 2005:15 Vibrationer anger att riskbedömning ska utföras för bedömning av risker som kan uppkomma till följd av vibrationer. Vid åtgärdsarbeten, exempelvis bergborrning, finns risk att arbetstagare utsätts för vibrationer. Därmed ska en riskbedömning utföras innan arbetet startar för att minimera arbetstiden för varje enskild arbetstagare vid moment som innebär hantering av vibrationsalstrande utrustning.

För besiktning av Trafikverkets anläggningar tillämpas Trafikverkets TDOK 2018:0179 Inspektion av byggnadsverk som anger att samtliga konstruktionsdelar ska inspekteras på handnära avstånd. Det finns även möjlighet att använda inspektionsmetoder som ger samma noggrannhet som en handnära inspektion, detta öppnar för möjligheten att använda sig av fjärrstyrda inspektionsmetoder. Exempel på sådana metoder är UAV (drönare) med fotogrammetrifunktion eller laserskanning för torra tunnlar. För vattenfyllda tunnlar finns möjlighet att använda fjärrstyrda undervattensfarkoster.

Samma TDOK anger också att inspektioner ska utföras regelbundet och systematiskt. Trafikverket hanterar detta genom att med fasta tidars mellanrum utföra olika typer av inspektioner. Inspektionerna utförs med tydliga rutiner för

hur olika skador dokumenteras och hanteras. Trafikverkets tillvägagångssätt för inspektionsarbeten går sannolikt att tillämpa i flera av vattenkraftindustrins anläggningar.

Trafikverkets TDOK uppnår inte samma juridiska nivå som Arbetsmiljöverkets föreskrifter men bör ändå beaktas då Trafikverket (med dess föregångare) byggt tunnlar under lång tid. Sannolikt bör inte Trafikverkets dokument i sin helhet implementeras för vattenkraftens anläggningar, men tillämpliga delar tas upp i nästa kapitel.

I Förordning om verksamhetsutövers egenkontroll 1998:901 anges att verksamhetsutövare ska hålla utrustning i gott skick. Rutiner för detta ska dokumenteras. Detta innebär att det måste finnas dokumenterat hur utrustning som används vid både undersökningsarbeten och åtgärdsarbeten är hanterade. Vid undersökningsarbeten kan det exempelvis gälla skrotspett och vid underhållsarbeten exempelvis borrhutrustning. Vilken utrustning som ska användas vid ett specifikt arbete ska även det bedömas utifrån risk för skada och ohälsa. En bedömning ska utföras enligt AFS 2006:4 Användning av arbetsutrustning där alla riskmoment som föreligger vid användandet av en viss arbetsutrustning ska undersökas.

5.4 PERSONOLYCKOR

För att förebygga arbetsplatsolyckor anger Arbetsmiljöverkets föreskrifter 2001:1 Systematiskt arbetsmiljöarbete att arbete med arbetsmiljön måste vara en naturlig del i verksamheten, och arbetstagare ska ha möjlighet att medverka i det systematiska arbetsmiljöarbetet. Detta gäller samtliga arbetsplatser och arbetsgivare, som arbetsgivare räknas även den som hyr in arbetskraft. I det systematiska arbetsmiljöarbetet ingår att undersöka, genomföra och följa upp verksamheten på ett sådant sätt att arbetsplatsolyckor förebyggs.

Arbetsmiljörutiner ska finnas dokumenterade. Vid åtgärder ska dessa följas upp och kontrolleras. Enligt AFS 1981:14 Skydd mot skada genom fall avses med fall bland annat att halka, snava, trampa genom underlag och att falla till en lägre nivå. Arbete ska planeras så att olycka genom fall förebyggs. Detta innebär i en berganläggning där det inte är ovanligt med inläckande vatten att allt arbete måste planeras och att man använder rätt utrustning, exempelvis stövlar med halkskydd. Det innebär även att stegar, gallerdurkar och ledstänger och andra installationer som är till för att hindra fall måste kontrolleras innan de nyttjas. Eftersom det i en tunnel eller nedstigningsschakt inte är möjligt att kontrollera hela stegen innan man nyttjar den krävs att dessa installationer kontrolleras löpande med sådant intervall att skadade installationer kan åtgärdas i god tid innan skada uppstår. Samma AFS anger även att det vid anordnande av underlag som är avsett att beträddas skall eftersträvas att det har lämplig ytsträvhet. Ska temporära underlag anordnas i berganläggning, exempelvis för att nå samtliga delar, måste alltså dessa underlag ha ytsträvhet som hindrar att en arbetstagare halkar oavsett om underlaget är torrt eller blött. AFS 2009:2 Arbetsplatsens utformning anger dessutom att arbetsplatser, arbetslokaler och personalutrymmen ska städas för att förebygga olycka. Inläckande vatten i berganläggningar kan skapa påväxt av exempelvis alger vilket kan få till följd att exempelvis betonggolv blir mycket halt.

Rutiner för hur, var och när städning ska utföras är därför viktigt. Vid underhållsarbeten eller andra arbeten ska arbetstagare i förhand veta om utrymmet städas eller ej. Det skall även finnas skyddsanordningar så som räcken, avspärningar och övertäckning av hål. I områden med risk för drunkning ska stegar finnas. I berganläggningar med tunnlar eller bergrum som inte besöks frekvent, och som ständigt eller stundtals är fyllda med vatten, kan skyddsanordningar vara svåra att kontrollera och därmed garantera deras funktion. I AFS 1981:14 finns dock en paragraf (12 §) som öppnar för att användning av säkerhetslina är tillåtet "Om betryggande skydd mot nedstörtning inte lämpligen kan ordnas skall säkerhetsbälte med lina användas eller annat säkerhetsarrangemang vidtas. Lina skall förankras väl." vilket kan underlätta. Säkerhetsutrustningen måste då naturligtvis kontrolleras och underhållas, kontrollerna ska dokumenteras och arbetstagare ska vara utbildade i hur utrustningen fungerar.

Termiskt klimat finns upptaget i AFS 2009:2 Arbetsplatsens utformning, där anges att arbetsplatser och personalutrymmen ska ha lämpligt termiskt klimat anpassat till arbetets art. Temperatur och luftfuktighet är ofta konstanta i tunnlar och bergrum vilket underlättar vid förberedelser, dock måste ventilation och friskluftstillförsel garanteras i alla utrymmen där arbete ska ske, i annat fall måste andra åtgärder vidtas för att minska risken för olycksfall, se även kapitel 5.8 Slutna utrymmen. Bakom inklädnader kan klimatet var väsentligt annorlunda än i det ventilerade utrymmet. Medvetenhet om detta är viktigt så att eventuella brister kan åtgärdas innan ett långvarigt arbete ska utföras i sådant utrymme.

I enlighet med AFS 2012:2 Belastningsergonomi ska vissa arbetsställningar och repetitiva rörelser undvikas, exempelvis arbete med händerna över axelhöjd. Manuell hantering av tung utrustning ska även minimeras för att undvika risken att arbetstagare drabbas av belastningsbesvär. Vid arbeten i tunnlar och bergrum kan vissa rörelser och arbetsställningar inte undgå att användas, vid bomknackning arbetas mycket med skrotspekt i tak och väggar vilket medför repetitiva rörelser med händerna över axelhöjd. I bergrum och tunnlar finns inte heller alltid möjlighet att använda lyftanordningar eller liknande, därmed ökar risken för belastningsbesvär eftersom viss utrustning kan behöva hanteras manuellt. För att minska risken för ohälsa måste därför arbetet planeras så att hjälpmedel, lyftanordningar etc används där så är möjligt och att arbetstagare byts av ofta. Lyftanordningar och andra hjälpmedel ska enligt AFS 1993:3 Byggnads och anläggningsarbete handhas av personal med ändamålsenlig utbildning, därmed behöver arbetstagare vara utbildad att använda utrustningen. I tunnlar och bergrum bör flera arbetstagare vara godkända att använda utrustningen då arbetsroller ofta kan behöva ändras i mån av personaltillgång. Anläggningsägarens BAS-P har en nyckelroll vid planering av underhållsarbeten för att minimera risken för skador, oavsett om det är belastningsskador eller av annan art.

Belysning ska anpassas till de synkrav som arbetsuppgifterna ställer. Tunnlar och bergrum är mer krävande än ett vanligt rum att ljussätta tillfredsställande då den råa bergytan ofta är mörk och mycket ojämn. För lite ljus gör dessutom skador och sprickor i berget svåra att upptäcka. Kravet om anpassad belysning medför därmed att det innan arbeten upptas bör kontrolleras och planeras för vilka

ljuskällor som redan finns samt vilken mängd extra ljus som kan komma att behövas. Till exempel anges i TDOK 2018:0179 att inspektion ska genomföras under dagsljusliknande förhållanden.

I AFS 1982:3 Ensamarbete och AFS 2010:1 Berg och gruvarbete anges att det vid fysisk isolering ska finnas möjlighet till kontakt med andra människor via tekniska hjälpmedel. Vid tunnelarbeten bör ensamarbete undvikas i så stor utsträckning som möjligt, särskilt viktigt blir detta i bergrum och tunnlar där fast kommunikationsanslutning saknas då trådlös kommunikation i undermarksanläggningar inte alltid är pålitligt. Kan ensamarbete inte undvikas bör det, förutom kommunikationshjälpmedel, även finnas rutiner för när och hur ofta fysisk kontakt med personer ovanjord ska hållas.

5.5 HYGIENISKA GRÄNSVÄRDEN

I AFS 2010:1 Berg och gruvarbete anges att behovet av ventilation ska bedömas innan arbeten startar. Vid arbeten som inbegriper bergborrning ska även spridning av damm förebyggas. Vid underhållsarbeten ska därmed borrhutrustning nyttjas med vatten för att minimera dammspridning. Behovet av extra ventilation vid arbeten måste undersökas, dock finns risk att enbart ventilation istället virvlar upp damm och ökar spridningen. Hur ventilationen ska utföras bör därför planeras väl. I AFS 2015:2 Kvarts stendamm i arbetsmiljön anges även att rengöring ska göras så att damm inte virvlas upp, det innebär att det även i områden där borrning inte utförs är nödvändigt att använda vatten för att omhänderta kvartsdamm. Gränsvärden för tillåten mängd kvartsdamm återfinns i AFS 2015:7 Hygieniska gränsvärden. Om dammet inte går att undvika och inte heller omhänderta med hjälp av vatten eller ventilation får, enligt AFS 2015:2 Kvarts stendamm i arbetsmiljön, skydd anpassat för användaren som förhindrar inandning av damm användas.

I AFS 2006:1 Asbest föreskrifter anges en maximal mängd asbest i rivningsmaterial som får hanteras. Asbestliknande mineral finns naturligt i berget och kan komma i dagen vid exempelvis åtgärdsarbeten då man tar bort löst berg. Det är därmed av intresse att i förväg veta vad berggrunden innehåller för mineral. Arbetet ska planeras och om risk finns för asbest i berget provtas detta innan arbetet börjar. Gränsvärden för tillåten mängd asbest återfinns i AFS 2015:7 Hygieniska gränsvärden.

Gränsvärden för arsenikhaltigt damm, där det inte är den mekaniska inverkan på vävnad som orsakar skador, finns i AFS 2015:7 Hygieniska gränsvärden. Risker med oavsiktlig förtäring av arsenikhaltigt vatten saknas det specifika regler för. Sweco har som beskrivs i tidigare kapitel utfört ett flertal undersökningar av arsenikhaltigt vatten i berganläggningar och skapat rutiner för hur riskerna ska minimeras vid arbeten i berganläggningar där arsenik finns i vattnet. Rutinerna bör inbegripa, men inte begränsas till:

- Tvätta händer inför och efter varje rast eller skiftbyte.
- Undvik att stoppa något i munnen vid arbete där utfällning förekommer.
- Använd skyddsutrustning anpassad för ändamålet.
- Undvik att komma i kontakt med rödbrun utfällning.

- Tvätta/skölj om utfällning kommer i kontakt med huden/stänker i ögonen.
- Ta kontakt med sjukvården direkt om utfällning har svalts. Framkalla inte kräkning.

Följande åtgärder bör också genomföras:

- Minimera exponeringen från damm och partiklar genom att arbeta i en våt miljö.
- Avlägsna utfällning och vatten innan arbetet påbörjas. Utfällning och vatten ska hanteras som farligt avfall och omhändertas enligt gällande regelverk för sådant material.
- Det är av största vikt att inte förorening sprids vidare till andra delar av arbetsplatsen, t ex till inspektionsgången, där det kan falla ner, trampas fast och sedermera torkas och i förlängningen övergå till dammpartiklar som kan virvla upp och inandas.
- Rekommendation är att använda sig av en arbetsplattform där utfällning finns på golvet, för att undvika direktkontakt med det förorenade vattnet/utfällningen.

Provtagning av vatten/slam utförs genom att samla in 100 ml i provflaska som skickas till laboratorium för analys. Provet löses upp i syra och lösningen analyseras med masspektrometri. För att undersöka halten i luften används en utrustning som pumpar luft genom ett filter som sedan analyseras. Detta kräver därmed att utrustningen kan stå kvar på platsen tillräckligt länge.

I AFS 2006:4 Användning av arbetsutrustning finns i Bilaga A krav om att utrustning ska vara utförd för att skydda mot utsläpp av gas, damm med mera som produceras av utrustningen. I Bilaga B anges att förbränningsmotor inte får användas om inte luftväxlingen är tillräcklig för att garantera hälsa och säkerhet. Allt arbete som inbegriper utrustning med förbränningsmotorer eller andra typer av utrustning som avger partiklar måste därmed föregås av en kontroll att ventilation är dimensionerad för att omhänderta partiklar.

5.6 BULLER

Arbetstagare ska, enligt AFS 2005:16 Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller, skyddas från buller genom användning av hörselskydd om andra förebyggande medel inte finns. Vid exempelvis borrar i tunnlar och bergrum är bullerexponeringen svår att undvika varför hörselskydd sannolikt behövs. I AFS:en anges även att "Arbetsgivaren ska se till att hörselskydd används och kontrollera att de åtgärder som vidtas i enlighet med denna bestämmelse är effektiva.". Att hörselskydd används bör därför vara en egen punkt i checklista över arbetsutrustning eftersom det är svårt att kontrollera att utrustningen används.

5.7 VIBRATION

AFS 2005:15 Vibrationer anger att riskbedömning ska utföras för bedömning av risker som kan uppkomma till följd av vibrationer. Eftersom besiktningar av berget bör utföras på handnära avstånd från berget innebär det att arbetstagare kan

behöva uppehålla sig nära vibrationsalstrande installationer, därmed ska en riskbedömning utföras innan arbetet startar. AFS:en anger att vibrationerna ska elimineras vid källan eller sänkas till lägsta möjliga nivå och att "Hänsyn skall då tas till den tekniska utvecklingen och möjligheterna att begränsa vibrationerna.". Eftersom det inte alltid är möjligt att eliminera vibrationerna kan istället vibrationsdämpning användas. Hur denna dämpning ska utföras måste planeras innan arbetet påbörjas. Under paragraf 8 listas även åtgärder för att minska arbetstagares utsättning för vibrationer, bland annat "begränsning av exponeringens varaktighet och intensitet" och "anpassning av arbetstiderna så att tillräckliga viloperioder erhålls". Vid tunnelarbeten där det inte går att minska eller dämpa vibrationerna innebär detta att det kan behövas en ökning av personalstyrkan för att minska den enskilda arbetstagarens utsatthet alternativt genomföra arbetet under en längre tidsperiod för att inrymma tillräcklig vila mellan arbetspassen.

5.8 RADON

I Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om radon på arbetsplatser 2018:10 framgår att för arbetsplatser där radonhalten överstiger referensnivån i 3:e kapitlet 6 § strålskyddsförordningen 2018:506 (år 2019 var referensnivån satt till 200 Bq/m³ luft), eller där den årliga genomsnittliga radonhalten kan förväntas överstiga referensnivån, eller där den sammantagna exponeringen från flera arbetstillfällen förväntas motsvara exponering vid en radonhalt som överstiger referensnivån under arbetstid, ska radonexponeringen fastställas genom mätningar eller beräkningar i den omfattning som behövs för att kontrollera och följa upp radonexponeringen. Individuella mätningar ska göras med en personburen mätare. Hur mätningarna ska utföras framgår inte, dock ska de göras med instrument kalibrerade för en storhet med internationell spårbarhet. Det innebär att om den utrustning som används inte direkt kontrollerar radongaskoncentrationen i luften, ska utrustningen kunna visa från vilka ämnen som sönderfallet sker. Detta kan göras med en gammaspektrometer men inte med exempelvis en geigermätare.

Då berggrunden i Sverige innehåller uran som bildar radongas finns risk att referensnivån överskrids i undermarksanläggningar i berg. Detta innebär att mätning av radongas måste utföras i anläggningarna. Användning av personlig mätutrustning behöver inte bli nödvändigt då radonexponeringen ska fastställas genom **mätningar eller beräkningar**. Detta innebär att i utrymmen som nyttjas frekvent, kontor, personalutrymmen etc, bör radongasmätningar utföras kontinuerligt med spårfilmsdosor. Med hjälp av resultaten kan sedan enskilda arbetstagares exponering beräknas förutsatt att radonhalterna inte avviker för mycket mellan olika delar av anläggningen samt att arbetstagarnas tid under mark finns registrerat. Vid arbete i områden där radongasmätningar saknas kan personlig mätutrustning bli nödvändigt. Möjligen kan kontinuerlig radongasmätning, till exempel pulsräknande jonkammare, användas för att jämföra resultatet om utrymmet vanligen inte är väl ventilerat men blir det i samband med ett arbete. Innan arbeten i sådana områden startar kan en uppskattning av risken för radongasbildning göras med hjälp av en gammaspektrometer som visar mängden uran i berget. Spektrometern är ett

mindre instrument som är enkelt att använda och kan relativt snabbt ge svar på om berget innehåller så mycket uran att det finns risk för förhöjd radongashalt. Gammalspektrometern mäter dock inte halten radongas i luften, om vatten läcker in i utrymmet finns en risk att radongashalten i luften är förhöjd utan att det finns närliggande uranmineralisering i berget. Vid risk för förhöjd radongashalt kan personlig mätutrustning användas för att bedöma den individuella exponeringen för arbetstagaren. I exempel från Kvarntorpsgruvan i kapitel 3 beskrivs kortfattat hur radonmätning i den anläggningen går till. Intressant är att delar av gruvan har höga halter av radon medan andra har låga. Geologin är mycket homogen och bedöms inte vara förklaring till skillnaderna. Sannolikt beror det på olika ventilation. Ett av företagen som hyr en del av gruvan har låtit sin personal ha personliga mätare. Trots att vissa av de delar som de hyr har höga halter av radon visar de personliga mätningarna att de inte blir utsatta för högre värden än vad som är tillåtet. Det beror sannolikt på att de dels rör sig i olika delar under arbetet och dels att de kunnat planera arbetet och lagerhållningen utifrån kända halter i de olika delarna och dessutom aktivt styra ventilationen.

Att berggrunden inte innehåller uran är dock inte någon garanti för att radongashalterna i ett bergrum eller tunnel inte kan vara förhöjda. Strålsäkerhetsmyndighetens nationella handlingsplan för kartläggning av radon belyser detta i kapitel 8.3 Mätning där det bland annat står "För att kunna avgöra om referensnivån för radon överskrids måste mätningar utföras.". Under kapitel 9 Radon i dricksvatten, samt i Radonboken under kapitel 4 finns beskrivet hur radon kan förflytta sig löst i vatten. När vattnet sedan når en fri yta avgår en del av radonet till luften. På så sätt kan ett utrymme utan uran i bergväggen ändå ha en förhöjd radonhalt. Utrymmen som är periodvis torra och periodvis blöta kan därmed få en förhöjd radongashalt under tiden det finns vatten i utrymmet. Sådana utrymmen bör därmed undersökas med skilda spårfilmsdosor under tiden de är torra och under tiden de är blöta.

5.9 SLUTNA UTRYMMEN

I AFS 2011:19 Kemiska arbetsmiljörisker anges att särskild riskbedömning ska göras innan man påbörjar arbete i cistern, brunn, silo, lastutrymme eller liknande utrymme och att en bedömning av om luften behöver kontrolleras ska göras. I berganläggningar kan syrebrist uppkomma i utrymmen som är stängda under längre tid, en riskbedömning ska därför alltid göras innan arbeten i dylika områden görs. Om risk för syrebrist förekommer ska arbetet övervakas på sådant sätt att snabb hjälp kan erhållas. Lyft av person ut ur utrymmet ska vara förberett. Detta innebär att det vid planering måste finnas med extra personal som kan övervaka arbete, att kommunikation finns tillgänglig och att samtliga arbetstagare använder säkerhetsutrustning i form av sele för att snabbt kunna lyfta personer ut ur utrymmet.

I ett utrymme där syrebrist kan uppstå kan det även bildas giftiga eller explosiva gaser. Även detta ska ingå i riskbedömningen och innebär att förutom tidigare nämnd utrustning ska arbetstagare bära gasvarnare som kontrollerar bland annat syrgasnivå, koldioxidnivå, halten svavelväten och kolmonoxid. Gasvarnare ska vara kalibrerad och dokumenterad.

5.10 ARBETEN NÄRA INSTALLATIONER

I ELSÄK-FS 2006:1 Allmänna råd om elsäkerhet vid arbete i yrkesmässig verksamhet anges att det vid arbete där det finns risk för elektrisk fara ska säkerhetsåtgärder vidtas som är grundade på en riskbedömning samt att det ska finnas en elsäkerhetsplanering. I planeringen ska det finnas uppgifter om vem som ska säkerställa att säkerhetsåtgärder vidtas. I berganläggningar med installationer för elproduktion finns inte alltid möjlighet att eliminera risken med elektrisk fara genom nedstängning av installation, därmed blir säkerhetsarbetet mycket viktigt för att undvika fara. Bergarbeten så som skrotning och bomknackning som inbegriper manuell hantering av långa metallspett måste planeras och säkerhetsåtgärder vidtas för att eliminera risken att ljusbåge uppstår. Vid planering av arbeten måste tillses att personer med rätt kompetens är inkopplade.

Arbetsutrustningen som ska användas ska även vara kontrollerad så att den är ämnad för uppgiften enligt AFS 2006:4 Användning av arbetsutrustning. En riskbedömning ska upprättas för detta arbete, här bör även tas upp risker kopplade till användning av utrustningen i närheten av installationer.

Vid undersöknings- och åtgärdsarbeten finns risk att det uppstår utrymmesbrist mellan installationer och arbetstagare/utrustning. TDOK 2016:0231 Krav Tunnelbyggnad, under kapitel B.1.3.2, anger att inspektion ska göras på handnära avstånd, dock kan fjärrinspektion göras. Detta ger möjlighet att vid undersökningsarbeten nära installationer nyttja teknisk utrustning för att inspektera berget, det ska dock ge samma detaljeringsgrad som en handnära inspektion.

I Energiföretagen Sveriges Elsäkerhetsanvisning ESA VA:15 Vattenkraftens säkerhetsanvisningar anges att en förutsättning för att arbete ska kunna utföras är att allt arbete är noggrant planerat och att det kan förekomma att flera aktörer är inblandade. Vid planering av arbeten bör det därmed även tas med som en risk att olika teknikområden (olika entreprenörer) kan vara involverade i olika typer av arbeten i samma anläggning, det är då mycket viktigt att det finns en samordning eftersom de risker som kan uppstå i samband med bergarbeten inte alltid är självklara för utomstående.

5.11 SKYDD AV INSTALLATIONER

I berganläggningar finns ofta förekommande inträngande vatten, det kan handla om dropp uppifrån eller inträngande större mängder vatten från både golv och väggar. I Trafikverkets TDOK 2016:0232 Råd Tunnelbyggnad och TDOK 2016:0231 Krav tunnelbyggnad under kapitel B.1.4 Utformning med hänsyn till inläckning av vatten finns krav gällande mängd vatten som får tränga in i tunneln för olika delar av tunneln. Bland annat på utrustning och installationer (år 2019 var kravet max 3 ml/h). För att inte kapsla in och skada utrustning bör inläckage i bergutrymmen med installationer minimeras. Trafikverkets krav är utformade för trafikerade utrymmen vilket inte är fallet i vattenkraftsanläggningar, därmed är det inte nödvändigtvis ett krav att inläckage begränsas i samma utsträckning. Inläckage som droppar på eller nära utrustning bör dock omhändertas. Inläckage som droppar ska ledas bort med hjälp av exempelvis dränmattor. I utrymmen som

periodvis eller årstidsvis drabbas av inläckage på grund av varierande grundvattenstånd bör installationer dimensioneras för detta inläckage, alternativt utelämnas.

5.12 BRAND OCH UTRYMNING

AFS 2009:2 Arbetsplatsens utformning anger att särskilda åtgärder ska vidtas på arbetsplatser som är mycket svåra att utrymma. Det ska i regel finnas två av varandra oberoende utrymningsvägar. Räddningskammare kan användas som säker plats. I Svemins skrivelse Brandskydd i gruv- och berganläggningar, Kapitel 12.1, anges att om det är längre än 750 m mellan utrymningsvägarna ska det finnas räddningskammare. Vid arbete i berganläggningar ska arbetstagare upplysas om befintliga utrymningsvägar (även räddningskammare) innan arbetet påbörjas. Ska åtgärdsarbeten utföras i tunnlar eller bergrum med endast en ingång bör, beroende av storleken, räddningskammare övervägas. En riskanalys upprättas där hänsyn tas till bland annat avstånd och risk för att brand uppstår och ligger till grund för beslut om utrymningsvägars nyttjande och räddningskammare.

6 Tillämpbarhet

I följande kapitel redovisas de delar av inventerade skrivelserna med bäring på drift och underhåll av vattenkraftindustrins berganläggningar. Dessa bör ligga till grund för anläggningsägarens egenkontroll av sådana anläggningars förvaltning, till exempel vid planering och utförande av drift- och underhållsarbeten. I Kapitel 7 ges ett förslag till punkter för riskbedömning och en redovisning av vilka föreskrifter eller skrivelser som är eller kan vara styrande för olika situationer.

6.1 EGENKONTROLL

6.1.1 Egenkontroller och checklistor

Förordning om verksamhetsutövers egenkontroll, (1998:901)

4 § För varje verksamhet skall finnas en fastställd och dokumenterad fördelning av det organisatoriska ansvaret för de frågor som gäller för verksamheten enligt

- 1. miljöbalken,*
- 2. föreskrifter som meddelats med stöd av miljöbalken, samt*
- 3. domar och beslut rörande verksamhetens bedrivande och kontroll meddelade med stöd av de författningar som avses i 1 och 2.*

Arbetsmiljöverket, Byggnads- och anläggningsarbete AFS 1993:3

48 § Information om byggnads- eller anläggningsarbetet, om vilka regler som skall tillämpas samt om vilka arbetsmiljöåtgärder som är vidtagna eller planerade, skall lämnas till arbetstagarna.

Instruktion om arbetets säkra utförande skall lämnas till arbetstagarna i tillräcklig omfattning.

Information och instruktioner skall vara begripliga för de arbetstagare de riktas till.

Arbetsmiljöverket, Systematiskt arbetsmiljöarbete AFS 2001:1

3 § Det systematiska arbetsmiljöarbetet skall ingå som en naturlig del i den dagliga verksamheten. Det skall omfatta alla fysiska, psykologiska och sociala förhållanden som har betydelse för arbetsmiljön.

5 § Det skall finnas en arbetsmiljöpolicy som beskriver hur arbetsförhållandena i arbetsgivarens verksamhet skall vara för att ohälsa och olycksfall i arbetet skall förebyggas och en tillfredsställande arbetsmiljö uppnås.

Det skall finnas rutiner som beskriver hur det systematiska arbetsmiljöarbetet skall gå till.

Arbetsmiljöpolicy och rutinerna skall dokumenteras skriftligt om det finns minst tio arbetstagare i verksamheten.

6.2 KONTROLL OCH BESIKTNING

6.2.1 Besiktning av berg/bärande huvudsystem

Arbetsmiljöverket, Berg och gruvarbete AFS 2010:1

1 § Syftet med föreskrifterna är att förebygga ohälsa och olycksfall vid berg- och gruvarbete.

3 § Innan berg- och gruvarbete påbörjas ska en undersökning och riskbedömning utföras som särskilt beaktar geologiska, bergtekniska, bergmekaniska och andra förhållanden i den omfattning som behövs för en planering som gör det fortsatta arbetet säkert. Riskbedömningen ska vara skriftlig. I områden under jord med höga bergspänningar ska undersökningen och riskbedömningen även innefatta en analys av bergspänningarna i syfte att få fram underlag för att planera lämplig profil och storlek på orten, tunneln eller annat bergutrymme.

Arbetsmiljöverket, Vibrationer AFS 2005:15

4 § Arbetsgivaren skall undersöka arbetsförhållandena och bedöma de risker som kan uppkomma till följd av exponering för vibrationer i arbetet.

5 § Riskbedömningen i 4 § skall innehålla en uppskattning av den dagliga vibrationsexponeringen, genomförd av en sakkunnig person. Mätningar skall utföras i den omfattning som behövs för att klarlägga exponeringsförhållandena.

Trafikverket, Inspektion av byggnadsverk TDOK 2018:0179

4.2.1 Omfattning Byggnadsverkets samtliga konstruktionsdelar och konstruktionselement, av berg, som påverkar dess funktion eller säkerhet ska inspekteras.

Inspektionen ska genomföras på handnära avstånd under dagsljusliknade förhållande. Visuella inspektionsmetoder som ger samma noggrannhet som en handnära inspektion kan användas.

6.2.2 Åtgärder i bergkonstruktion

Arbetsmiljöverket, Berg och gruvarbete AFS 2010:1

3 § Innan berg- och gruvarbete påbörjas ska en undersökning och riskbedömning utföras som särskilt beaktar geologiska, bergtekniska, bergmekaniska och andra förhållanden i den omfattning som behövs för en planering som gör det fortsatta arbetet säkert. Riskbedömningen ska vara skriftlig.

I områden under jord med höga bergspänningar ska undersökningen och riskbedömningen även innefatta en analys av bergspänningarna i syfte att få fram underlag för att planera lämplig profil och storlek på orten, tunneln eller annat bergutrymme.

36 § Åtgärder ska vidtas som förebygger risken för att någon borrar i odetonerat sprängmedel (dolor). Bergytan ska rensas noggrant innan nya borrhål ansätts.

Förordning om verksamhetsutövers egenkontroll, (1998:901)

5 § Verksamhetsutövaren skall ha rutiner för att fortlöpande kontrollera att utrustning m.m. för drift och kontroll hålls i gott skick, för att förebygga olägenheter för människors hälsa och miljön.

Det som föreskrivs i första stycket skall dokumenteras.

Arbetsmiljöverket, Användning av arbetsutrustning AFS 2006:4

3 § Undersökning och riskbedömning skall göras för att bedöma om den arbetsutrustning som väljs och används är lämplig för det arbete som skall utföras, eller om den har anpassats till det på lämpligt sätt så att den kan användas med betryggande säkerhet.

De riskmoment som föreligger på grund av användningen av arbetsutrustningen skall undersökas och bedömas.

5 § Med utgångspunkt i riskbedömningen skall alla nödvändiga åtgärder vidtas för att förebygga ohälsa eller olycksfall. Kraven i 7-21 §§ skall alltid vara uppfyllda.

6.2.3 Bergrum med höga spänningar, smällberg**Arbetsmiljöverket, Berg och gruvarbete AFS 2010:1**

3 § Innan berg- och gruvarbete påbörjas ska en undersökning och riskbedömning utföras som särskilt beaktar geologiska, bergtekniska, bergmekaniska och andra förhållanden i den omfattning som behövs för en planering som gör det fortsatta arbetet säkert. Riskbedömningen ska vara skriftlig.

I områden under jord med höga bergspänningar ska undersökningen och riskbedömningen även innefatta en analys av bergspänningarna i syfte att få fram underlag för att planera lämplig profil och storlek på orten, tunneln eller annat bergutrymme.

6.3 PERSONOLYCKOR**6.3.1 Fallolyckor****Arbetsmiljöverket, Skydd mot skada genom fall AFS 1981:14**

1 § Med fall avses i dessa föreskrifter att någon faller omkull, halkar, snavar, trampar snett, trampar genom något underlag eller liknande eller faller till lägre nivå.

2 § Arbete skall planeras, ordnas och bedrivs så att olycka genom fall förebyggs.

6 § Hål, öppning och liknande på plats där någon uppehåller eller förflyttar sig under arbetet liksom yta där risk för genomtrampning kan finnas skall där det behövs ha skyddsanordning mot fall, t ex täckning, skyddsräcke eller avspärrning.

Behovet av motsvarande skyddsanordning vid stup eller annan större nivåskillnad, där risk finns för skada genom fall, skall beaktas.

Kan lämplig skyddsanordning inte användas skall annan skyddsåtgärd vidtas.

9 § På arbetsplats och transportväg inom arbetsställe där fall kan medföra risk för drunkning, skall anordningar för räddning finnas lätt tillgängliga. De skall vara klara att användas omedelbart. Genom färgsättning eller annan åtgärd skall tillses att de är lätta att se även under dåliga siktförhållanden. Förvaringsplats för transportabla anordningar skall vara tydligt markerad och väl synlig.

Där det behövs skall med lämpliga mellanrum finnas fasta stegar eller andra möjligheter för nödställd att ta sig upp. Stege och motsvarande anordning skall nå så långt under ytan att en nödställd lätt kan ta sig upp.

12 § Om betryggande skydd mot nedstörtning inte lämpligen kan ordnas skall säkerhetsbälte med lina användas eller annat säkerhetsarrangemang vidtas. Lina skall förankras väl.

Arbetsmiljöverket, Arbetsplatsens utformning AFS 2009:2 med komplettering 2018:5

69 § Ett skyddsräcke ska utformas så att det begränsar fallrisken. Det ska vara utfört så att det hindrar fall över, genom eller under räcket.

Ett räcke ska i regel vara fast. Om det är löstagbart, fällbart eller vridbart ska det lätt kunna återföras i skyddsläge och säkras.

Ett skyddsräcke ska vara dimensionerat för den belastning det kan antas bli utsatt för.

6.3.2 Halkrisk

Arbetsmiljöverket, Skydd mot skada genom fall AFS 1981:14

3 § Vid anordnande av underlag som är avsett att beträdas skall eftersträvas att det har lämplig ytsträvhet och är fritt från hinder och ojämnheter som innebär risk för fall. Underlaget skall ha betryggande bärighet. Annat underlag får beträdas först sedan särskilda skyddsåtgärder vidtagits.

Arbetsmiljöverket, Arbetsplatsens utformning AFS 2009:2 med komplettering 2018:5

114 § Arbetsplatser, arbetslokaler och personalutrymmen med tillhörande inredning och utrustning ska underhållas, städas och rengöras på ett tillfredsställande sätt för att förebygga olycksfall och ohälsa. Detta ska utföras regelbundet och enligt på förhand uppgjorda rutiner som är anpassade efter utrymmets funktion och användningsfrekvens samt verksamheten på arbetsstället.

Underhållet ska vara sådant att byggnadens eller anläggningens hållfasthet inte nedsätts. Tekniska anordningar och installationer ska underhållas så att de fungerar som avsett med bibehållen säkerhet.

6.3.3 Arbetsplatsens utformning

Arbetsmiljöverket, Arbetsplatsens utformning AFS 2009:2 med komplettering 2018:5

29 § Lokaler som innehåller arbetsplatser eller personalutrymmen ska ha lämpligt termiskt klimat. Klimatet ska vara anpassat till arbetets art, om arbetet är lätt eller tungt och om det är rörligt eller utförs stillasittande.

Om det av produktionstekniska skäl är omöjligt att skapa ett lämpligt termiskt klimat i hela lokalen, ska ett lämpligt klimat eftersträvas i de delar av lokalen där arbete i huvudsak bedrivs. Om detta inte kan ordnas måste andra åtgärder vidtas för att minska risken för ohälsa och olycksfall.

Arbetsplatser utomhus ska så långt som möjligt vara utformade så att de arbetande skyddas mot väder och vind.

6.3.4 Belastningsbesvär

Arbetsmiljöverket, Belastningsergonomi AFS 2012:2

5 § Arbetsgivaren ska så långt det är praktiskt möjligt ordna och utforma arbetsuppgifter och arbetsplatser så att arbetstagarna kan använda arbetsställningar och arbetsrörelser som är gynnsamma för kroppen. Man ska undvika långvarigt och ofta återkommande arbete med böjd eller vriden bål, liksom arbete med händerna över axelhöjd eller under knähöjd. Detsamma gäller arbete som innebär kraftutövning i ogynnsamma arbetsställningar.

Arbetsgivaren ska tillhandahålla särskilda synhjälpmedel, om dessa behövs för att möjliggöra gynnsamma arbetsställningar och arbetsrörelser.

6.3.5 Tung utrustning och manuell hantering

Arbetsmiljöverket, Belastningsergonomi AFS 2012:2

6 § Arbetsgivaren ska ordna arbetsplatsen så att man minskar eller undviker risken för arbetstagarna att drabbas av belastningsbesvär, särskilt i ryggen, vid manuell hantering av bördor och laster eller vid andra arbetsuppgifter som kräver kraftutövning. Arbetsgivaren ska vidta lämpliga åtgärder, framför allt när det gäller arbetsmiljöns utformning och de krav arbetsuppgiften ställer. Det innebär både organisatoriska åtgärder och att använda sig av hjälpmedel, framför allt teknisk utrustning, för att undvika att arbetstagarna behöver hantera bördor och laster manuellt.

Om man inte kan undvika manuell hantering av bördor och laster, ska arbetsgivaren vidta åtgärder och beakta de påverkande faktorer som framgår av bilaga A.

Arbetsmiljöverket, Byggnads och anläggningsarbete AFS 1993:3

46 § Det skall finnas lämplig utrustning för lyft och transport av byggprodukter och annat material om det behövs för att arbetstagarna inte skall utsättas för hälsofarliga eller onödigt tröttande belastningar.

Sådana lyftanordningar och lyftredskap, inbegripet deras komponenter, tillbehör, förankringar och stöd, skall väljas som är ändamålsenligt utformade och tillräckligt hållfasta för den avsedda användningen samt märkta med den maximala lasten (maxlast).

Lyftanordningar och lyftredskap skall handhas av kompetent personal med ändamålsenlig utbildning och får inte användas för annat än det avsedda ändamålet.

6.3.6 Belysning

Arbetsmiljöverket, Arbetsplatsens utformning AFS 2009:2

10 § Belysningen ska planeras, utföras och underhållas samt undersökas och bedömas i den omfattning som behövs för att förebygga ohälsa och olycksfall.

11 § Belysningen ska anpassas till de arbetandes olika förutsättningar och de synkrav som arbetsuppgifterna ställer. Belysning ska ha en för den enskilde lämplig fördelning och riktning. Bländning ska undvikas så långt det är möjligt.

12 § Belysningen och arbetsplatsens utformning ska vara sådana att man med tillfredsställande säkerhet och utan onödiga anpassningssvårigheter kan förflytta sig mellan eller i olika lokaler eller arbetsområden med skilda belysningsförhållanden.

6.3.7 Kommunikation

Arbetsmiljöverket, Ensamarbete AFS 1982:3

1 § Dessa föreskrifter gäller arbete som arbetstagare utför i fysisk eller social isolering från andra människor (ensamarbete).

Med fysisk isolering avses en situation där den som utför arbetet inte på arbetsplatsen kan få kontakt med andra människor utan att använda ett tekniskt kommunikationshjälpmedel. Med social isolering avses en situation där den som utför arbetet befinner sig bland andra människor, men där förhållandena är sådana att han inte kan räkna med deras hjälp i en kritisk situation.

Arbetsmiljöverket, Berg och gruvarbete AFS 2010:1

7 § Vid planering och utförande av arbetet ska möjligheten till kontakt med andra människor beaktas. Personlig kontakt eller annan kommunikation med andra människor ska hållas regelbundet. Om personlig kontakt inte är möjlig ska trådlös kommunikation finnas.

6.4 HYGIENISKA GRÄNSVÄRDEN

6.4.1 Kvartsdamm och arsenik

Arbetsmiljöverket, Berg och gruvarbete AFS 2010:1

10 § Behovet av ventilation ska bedömas och dokumenteras innan arbetet påbörjas. Om ventilation behövs ska ventilationssystemets utformning planeras och dokumenteras innan arbetet påbörjas.

Ventilationssystemet ska dimensioneras så att luftkvaliteten i vistelsezonen blir tillfredsställande. Huvudfläktarnas luftflöde och tryckuppsättning ska mätas kontinuerligt. Larm ska finnas som indikerar oförutsedda stopp i fläktsystemet.

35 § Vid bergbörning ska uppkomst och spridning av damm förebyggas.

43 § Vid krossning av berg ska uppkomst och spridning av damm förebyggas.

Arbetsmiljöverket, Kvarts stendamm i arbetsmiljön AFS 2015:2

16 § Rengöring ska utföras så att damm inte virolas upp eller sprids.

17 § När resultatet av riskbedömningen enligt 7 § och val av åtgärder enligt 8 § visar att andningsskydd behövs, ska skyddet vara sådant som förhindrar inandning av kvartshaltigt damm. Skyddet ska vara anpassat till användaren.

Arbetsmiljöverket, Hygieniska gränsvärden AFS 2015:7

Föreskriften redovisar i tabellformat gränsvärden för olika ämnen, däribland kvartsdamm.

6 § Den som mäter luftföroreningar ska ha kunskaper om hur man

- planerar och genomför mätningar,
- behandlar mätdata,
- tolkar resultat och
- redovisar dessa i en mättrapport enligt bilaga 2.

Allmänna råd: Hur mätningar kan genomföras och användas för bedömning av exponeringen beskrivs i standarden Arbetsplatsluft

– Vägledning för bedömning av exponering genom inandning av kemiska ämnen för jämförelse med gränsvärden och mätstrategi (SS-EN 689).

7 § Mätningar ska planeras i samverkan mellan arbetsgivare och berörda arbetstagare samt skyddsombud om sådant finns.

8 § Mätningar ska utföras i inandningsluften på så många personer att det blir möjligt att bedöma exponeringen för samtliga exponerade. Mätningar ska avse förhållandena vid normal drift. De ska vid behov även belysa exponeringen under andra förhållanden.

Allmänna råd: Syftet med mätningen är att få en så riktig uppfattning som möjligt om exponeringen. Det är viktigt att mätningen omfattar en representativ andel av de exponerade vid arbetsstället. Mätningen innebär att mät- eller provtagningsutrustningen placeras så nära näsa och mun som möjligt, dvs. det är lämpligt att avståndet inte överstiger 0,3 m, den s.k. andningszonen.

9 § Mätningen ska omfatta så lång tid att mätresultatet blir tillförlitligt och för att resultatet ska kunna jämföras med ett nivågränsvärde. Den del av arbetstiden som omfattas av mätningen ska vara representativ för exponeringen. Om exponeringen endast sker under en viss del av arbetstiden är det tillräckligt att mäta under den tiden.

Mätningen ska omfatta den tidsperiod som det bindande korttidsgränsvärdet avser. Mätningen ska utföras vid de tidpunkter då misstanke om att höga kortvariga luftföroreningshalter förekommer för att resultatet av mätningen ska kunna jämföras med korttidsgränsvärdet. När någon exponeras för ämnen med samverkande effekt och likartade verkningsmekanismer ska ämnenas sammanlagda påverkan bedömas genom beräkning av hygienisk effekt.

Allmänna råd: Genomsnittshalten, dvs. det tidsvägda medelvärde av en luftförorening är, godtagbar om gränsvärdet inte överskrids. Målsättningen bör vara att kvaliteten på inandningsluften är sådan att genomsnittshalten av luftföroreningarna inte överskrider det hygieniska gränsvärdet ens för kortare stunder under en del av en arbetsdag. En arbetsdag omfattar normalt åtta timmar och i regel behöver man då mäta under minst 75 % av arbetstiden. Då exponeringen varierar mycket under en normal arbetsdag kan det vara nödvändigt att mäta under hela arbetstiden. Det är inte acceptabelt att en halvtidsanställd ska kunna exponeras för högre halter av en luftförorening på grund av kortare exponeringstid. Vid längre arbetspass, på exempelvis 12 timmar, kan man använda sig av en schablonmetod. Metoden innebär att gränsvärdet reduceras proportionellt genom att man multiplicerar med en faktor $8/X$ där X är arbetstidens längd i timmar. I exemplet med 12 timmar ska man då multiplicera gränsvärdet med $8/12$. Exponering motsvarande ett 15 minuters korttidsgränsvärde bör inte förekomma under längre tid än 15 minuter per timme. Exponering motsvarande ett 5 minuters korttidsgränsvärde bör inte förekomma mer än en gång per 20 minuter. Det är även lämpligt att mäta ämnen som har vägledande korttidsgränsvärden för att säkerställa att dessa inte överskrids. Tidsvägt medelvärde: Den uppmätta genomsnittliga halten av luftföroreningen, ska beräknas som ett tidsvägt medelvärde. Vid fulltidsprovtagning får man detta värde direkt. Vid deltidsprovtagning får man det tidsvägda medelvärdet, C_m , ur följande formel:

$$C_m = \frac{C_1 \cdot t_1 + C_2 \cdot t_2 + C_3 \cdot t_3 + \dots + C_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}$$

där C_1 , C_2 , C_3 etc. är den uppmätta halten för varje deltidsprov, och t_1 , t_2 , t_3 etc. är provtagningstiden för varje deltidsprov. Ett exempel på beräkning av genomsnittshalten av ett ämne finns i bilaga 3. Hygienisk effekt: För ämnen med samverkande effekt och likartad verkningsmekanism som t.ex. lösningsmedel ska ämnenas sammanlagda påverkan bedömas. Det gäller de narkotiska, rusgivande eller bedövande effekter som organiska lösningsmedel har på centrala nervsystemet. Detta görs genom att man beräknar den hygieniska effekt som är lika med summan av kvoterna mellan uppmätt halt för varje ämne och dess hygieniska gränsvärde. Exponeringen brukar anses godtagbar om den hygieniska effekten är högst 1.

Den sammanlagda, additiva, hygieniska effekten kan sammanfattas i följande formel:

$$HE = \frac{C_1}{G_1} + \frac{C_2}{G_2} + \frac{C_3}{G_3} + \dots + \frac{C_n}{G_n}$$

där C1, C2, C3 etc. är uppmätta halter för ämnena 1, 2, 3 etc. och G1, G2, G3 etc. är gränsvärdena för dessa ämnen uttryckta i samma enhet. Ett exempel på hur man beräknar hygienisk effekt finns i bilaga 3. För lösningsmedel vars hygieniska gränsvärde är fastställt med hänsyn till andra effekter än påverkan på det centrala nervsystemet, som t.ex. bensen, ska dock bedömningen göras separat. För bensen är gränsvärdet fastställt utifrån dess cancerframkallande effekt och vid gränsvärdesnivån bidrar bensen endast i liten utsträckning till den allmänna lösningsmedelseffekten.

6.4.2 Serpentin, asbest

Arbetsmiljöverket, Asbest föreskrifter AFS 2006:1

12 § Material som innehåller mer än 1 viktprocent asbest får hanteras vid rivning av byggnad, byggnadsdel, teknisk anordning eller del av sådan anordning endast efter tillstånd av Arbetsmiljöverket.

Tillstånd enligt första stycket behövs inte för demontering av asbesthaltiga bromsbelägg och andra friktionselement eller för demontering av formgjutna asbesthaltiga packningar som kan demonteras hela.

Arbetsmiljöverket, Hygieniska gränsvärden AFS 2015:7

Föreskriften redovisar i tabellformat gränsvärden för olika ämnen, däribland asbest.

6.4.3 Partiklar från förbränningsmotorer

Arbetsmiljöverket, Användning av arbetsutrustning AFS 2006:4

Bilaga A, stycke 2.25 En arbetsutrustning skall vara utförd så att man skyddas mot risken att den fattar eld eller överhettas. Dessutom skall den vara utförd för att skydda mot utsläpp av gas, damm, vätska, ånga eller andra ämnen som produceras av arbetsutrustningen, som används vid drift eller som lagras i den.

Bilaga B, stycke B 3.35 En mobil arbetsutrustning med förbränningsmotor får inte användas på arbetsområden om luftväxlingen inte är tillräcklig för att garantera hälsa och säkerhet.

6.5 BULLER

6.5.1 Vid åtgärds- och förstärkningsarbeten

Arbetsmiljöverket, Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller AFS 2005:16

12 § Om de risker som uppstår vid bullerexponering inte kan förebyggas med andra medel, skall ändamålsenliga hörselskydd som passar berörda arbetstagare ställas till deras förfogande och användas av dem enligt följande:

- Om bullerexponeringen är lika med eller överstiger något av de undre insatsvärdena i 3 § skall arbetstagaren få tillgång till hörselskydd.

- Om bullerexponeringen är lika med eller överstiger något av de övre insatsvärdena i 3 § skall hörselskydd användas.
- Arbetsgivaren skall ge berörda arbetstagare möjlighet att medverka vid val av hörselskydd. Hörselskydd skall väljas så att risken för hörselskador elimineras eller minimeras.
- Hörselskydden skall underhållas väl.

Arbetsgivaren skall se till att hörselskydd används och kontrollera att de åtgärder som vidtas i enlighet med denna bestämmelse är effektiva.

Om användning av hörselskydd medför olycksrisk, skall risken minskas genom lämpliga åtgärder.

6.5.2 Vibrationer (turbiner el dyl.)

Arbetsmiljöverket, Vibrationer AFS 2005:15

3 § Arbeten skall planeras, bedrivas och följas upp så att riskerna till följd av exponering för vibrationer minimeras genom att vibrationerna elimineras vid källan eller sänks till lägsta möjliga nivå. Hänsyn skall då tas till den tekniska utvecklingen och möjligheterna att begränsa vibrationerna.

8 § Om den dagliga vibrationsexponeringen överstiger något av insatsvärdena i bilaga 3, tabell 1 eller när riskvärderingen motiverar det så skall orsaken till riskerna utredas samt tekniska och/eller organisatoriska åtgärder vidtas så att riskerna till följd av vibrationsexponeringen minimeras. Vid val av åtgärder skall följande särskilt beaktas:

- a) alternativa arbetsmetoder som ger minskad vibrationsexponering,
- b) val av arbetsutrustning, med lämplig ergonomisk utformning, som ger så liten vibrationspåverkan som möjligt med tanke på det arbete som skall utföras,
- c) tillgång till tekniska hjälpmedel som minskar risken för vibrationsskador, t.ex. säten som effektivt dämpar helkroppsvibrationer och handtag som dämpar vibrationer som överförs till hand och arm,
- d) lämpliga underhållsprogram för arbetsutrustningar samt arbetsplatser och kringutrustningar till dessa,
- e) utformning och planering av arbetsplatser,
- f) information och utbildning så att arbetsutrustning används på ett riktigt och säkert sätt, för att minimera vibrationsexponeringen,
- g) begränsning av exponeringens varaktighet och intensitet,
- h) anpassning av arbetstiderna så att tillräckliga viloperioder erhålls, och
- i) tillhandahållande av arbetskläder som skyddar exponerade mot fukt och kyla.

Åtgärder som inte genomförs omedelbart skall föras in i en skriftlig handlingsplan. I planen skall anges när åtgärderna skall vara genomförda och vem som skall se till att de genomförs.

6.6 RADON

6.6.1 Gränsvärden

Arbetsmiljöverket, Berg och gruvarbete AFS 2010:1

27 § Låg radonhalt ska eftersträvas på alla arbetsställen under jord.

Vid arbete under jord ska radonhalten bestämmas genom mätningar. Mätningar av radonhalten ska ske regelbundet, dock minst 1 gång per år.

Arbetsmiljöverket, Hygieniska gränsvärden AFS 2015:7

Föreskriften redovisar i tabellformat gränsvärden för olika ämnen, däribland radon.

Strålsäkerhetsmyndigheten, Föreskrifter om radon på arbetsplatser 2018:10

1 § Dessa föreskrifter innehåller bestämmelser som ska iakttas av den som bedriver verksamhet i en omgivning med joniserande strålning, den som sysselsätter någon i en sådan verksamhet och egenföretagare med arbetsställen eller arbetsplatser, där

- 1. Radonhalten i luft överstiger referensnivån i 3 kap. 6 § strålskyddsförordningen (2018:506),*
- 2. Den årliga genomsnittliga radonhalten i luft inte kan fastställas men kan förväntas överstiga referensnivån mer än tillfälligt, eller*
- 3. Exponeringen för radon sammantaget från flera tillfälliga arbetsställen eller arbetsplatser förväntas motsvara exponeringen vid en radonhalt i luft som överstiger referensnivån under arbetstid.*

8 § Radonexponeringen ska fastställas för arbetstagare i verksamheten genom mätningar eller beräkningar i den omfattning som behövs för att kontrollera och följa upp radonexponeringen. Mätningarna och beräkningarna ska dokumenteras och sparas i minst fem år.

12 § Mätningar för att fastställa radonexponeringen till arbetstagare enligt 8 § ska göras med metoder som ger ett representativt värde av radonhalten.

Utrustning som används för mätning enligt första stycket ska vara kalibrerad för en storhet med internationell spårbarhet.

Kalibrering av utrustningen ska upprepas och funktionskontroll utföras i den omfattning som behövs för att säkerställa mätresultatets riktighet.

14 § Individuella mätningar enligt 8 § andra stycket ska göras med en personburen mätare. Om mätning enligt första stycket inte är rimligt, ska en annan metod med likvärdig tillförlitlighet användas.

Strålsäkerhetsmyndigheten, Nationell handlingsplan för kartläggning av radon

Kapitel 2.2 Val av referensnivå

I det nya nationella regelverket för radon i form av strålskyddslag, förordning och föreskrifter förmodas en referensnivå fastställas till 200 becquerel per kubikmeter luft (Bq/m³). Nivån ska gälla i bostäder, i lokaler som allmänhet har tillträde till och på arbetsplatser

Kapitel 8.3 Mätning

För att kunna avgöra om referensnivån för radon överskrids måste mätningar utföras. Även om en arbetsplats finns i områden med låga uranhalter i berggrunden innebär detta inte nödvändigtvis en låg radonhalt i arbetslokalen. Beroende på bland annat markförhållanden, byggnaders täthet mot marken och ventilationslösning kan höga radonhalter ändå förekomma i inomhusluften. Detta gäller speciellt i lokaler med markkontakt såsom källare, underjordsarkiv och liknande. Enligt Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2015:7 bör Strålsäkerhetsmyndighetens metodbeskrivning för mätning av radonhalt på arbetsplatser användas.

6.6.2 Vatten

Radonboken, Gustav Åkerblom

Kapitel 4, del 4 Transport av markradon, Med grundvatten i rörelse i större sprickzoner i berg kan radontransporten bli upp till ungefär 100 meter innan det radon som från början fanns i vattnet helt hunnit sönderfalla.

Kapitel 4, del 10 Hushållsvattnet. Vatten som innehåller radon kan vara en anledning till förhöjda och ibland mycket höga radonhalter inomhus. När vattnet lämnar den trycksatta ledningen avgår en del av den radongas som finns löst i vattnet.

Strålsäkerhetsmyndigheten, Nationell handlingsplan för kartläggning av radon

Kapitel 9 Radon i dricksvatten

Radon i dricksvatten utgör en hälsorisk på två olika sätt. Dels blir det ett direkt intag av radon när vattnet konsumeras som just dricksvatten, dels fungerar ett radonhaltigt vatten som en källa till radon i inomhusluften eftersom radonet lätt avgår från vatten till luft när vattnet hanteras, t.ex. vid duschning, kraftig upphällning eller kokning. Som en tumregel brukar man ange att 1000 Bq/l i vattnet ger ett tillskott på 100 Bq/m³ till bostadens genomsnittliga radonhalt i inomhusluften, men det är naturligtvis stora variationer i hur stor överföringen blir.

6.7 SLUTNA UTRYMMEN

6.7.1 Syrebrist

Arbetsmiljöverket, Kemiska arbetsmiljörisker AFS 2011:19

31 § Innan man påbörjar arbete i en cistern, brunn, silo, ett lastutrymme eller liknade ska en särskild riskbedömning göras enligt 5 § tredje stycket. Vid tillämpning av 8 och 9 §§ ska man bedöma om luften behöver kontrolleras fortlöpande under arbetet.

Om utrymmet inte kan ventileras så att luftens sammansättning blir säker ska lämpligt andningsskydd användas.

32 § Arbete som avses i 31 § ska övervakas så att snabb hjälp kan erhållas. Lyft av person ur utrymmet ska vara förberett om det inte är uppenbart onödigt.

6.7.2 Giftiga eller explosiva gaser

Arbetsmiljöverket, Kemiska arbetsmiljörisker AFS 2011:19

8 § En bedömning ska göras om och när åtgärder behövs för att begränsa risken för att en kemisk riskkälla orsakar ohälsa eller olycksfall i den egna verksamheten genom:

- 1. skadlig exponering via inandning,*
- 2. skadlig exponering via hudkontakt, stänk i ögonen eller intag via munnen,*
- 3. bildning av antändbar luftblandning eller brandrisk av annan orsak, samt*
- 4. personskador på grund av reaktiva, explosiva eller materialförstörande egenskaper.*

6.8 ARBETEN NÄRA UTRUSTNING VILKEN ÄR I DRIFT

6.8.1 Vid åtgärdsarbeten

Elsäkerhetsverket, Allmänna råd om elsäkerhet vid arbete i yrkesmässig verksamhet, ELSÄK-FS 2006:1

1 § Dessa föreskrifter gäller arbete i yrkesmässig verksamhet på eller i närheten av sådana elektriska starkströmsanläggningar och elektriska anordningar där det finns elektrisk fara för dem som deltar i arbetet. Med elektrisk fara menas risk för personskador på grund av strömgenomgång eller verkan av kortslutning eller ljusbåge.

2 § Vid arbete där det finns elektrisk fara skall säkerhetsåtgärder vidtas enligt god elsäkerhetsteknisk praxis, så att betryggande säkerhet uppnås för dem som deltar i arbetet. Säkerhetsåtgärderna skall vara grundade på en riskbedömning.

5 § För varje arbete där det finns elektrisk fara skall det finnas en elsäkerhetsplanering. I planeringen skall det ingå att utse vem eller vilka som skall säkerställa att säkerhetsåtgärder vidtas.

Den som utför planeringen skall ha sådana kunskaper att planeringen ger betryggande säkerhet mot elektrisk fara.

7 § Vid arbete på eller i närheten av en spänningssatt anläggning skall säkerhetsåtgärder vidtas för att förhindra att de som deltar i arbetet skadas av strömgenomgång, verkan av ljusbåge eller kortslutning.

Arbetsmiljöverket, Arbetsplatsens utformning AFS 2009:2

115 § Utrymmen och anordningar för fastighetsdrift och service liksom för underhållsarbete ska finnas och ha en storlek och utformning som medger att sådana arbeten kan utföras på ett för kroppen skonsamt sätt och utan inbyggda risker för ohälsa och olycksfall. Detsamma gäller tillträdesleder till sådana utrymmen.

Byggprodukter, installationsdelar och övriga tekniska anordningar som fordrar skötsel eller normalt behöver förnyas under byggnadsverkets brukstid ska placeras så att detta kan ske med betryggande säkerhet mot ohälsa och olycksfall samt på ett ergonomiskt lämpligt sätt.

Arbetsmiljöverket, Användning av arbetsutrustning AFS 2006:4

3 § Undersökning och riskbedömning skall göras för att bedöma om den arbetsutrustning som väljs och används är lämplig för det arbete som skall utföras, eller om den har anpassats till det på lämpligt sätt så att den kan användas med betryggande säkerhet.

De riskmoment som föreligger på grund av användningen av arbetsutrustningen skall undersökas och bedömas.

Trafikverket, TDOK 2016:0232 Råd Tunnelbyggnad

Trafikverket, TDOK 2016:0231 Krav Tunnelbyggnad

Avsnitt B.1.3.2 Åtkomlighet för inspektioner samt drift och underhåll.

Energiföretagen Sverige, ESA – VA:15, Vattenkraftens säkerhetsanvisningar

Kapitel 7 Planering av arbete

En förutsättning för att arbetet ska kunna ske på ett säkert och betryggande sätt är att alla åtgärder noggrant planeras i god tid i alla skeden av processen. Vid utförande av arbete i eller nära en anläggning kan det förekomma att flera aktörer är inblandade.

För att säkerställa de olika rollerna och uppdragens avgränsningar, är det lämpligt att förtydliga detta i ett dokument, som även anger kontaktpersoner.

För att uppnå betryggande säkerhet på arbetsplatsen krävs en fungerande kommunikation som sker på ett språk som alla inblandade förstår.

6.8.2 Utrymmesbrist vid bergbesiktning

Arbetsmiljöverket, Arbetsplatsens utformning AFS 2009:2

115 § Utrymmen och anordningar för fastighetsdrift och service liksom för underhållsarbete ska finnas och ha en storlek och utformning som medger att sådana arbeten kan utföras på ett för kroppen skonsamt sätt och utan inbyggda risker för ohälsa och olycksfall. Detsamma gäller tillträdesleder till sådana utrymmen.

Byggprodukter, installationsdelar och övriga tekniska anordningar som fordrar skötsel eller normalt behöver förnyas under byggnadsverkets brukstid ska placeras så att detta kan ske med betryggande säkerhet mot ohälsa och olycksfall samt på ett ergonomiskt lämpligt sätt.

Trafikverket, TDOK 2016:0232 Råd Tunnelbyggnad

Trafikverket, TDOK 2016:0231 Krav Tunnelbyggnad

Avsnitt B.1.3.2 Åtkomlighet för inspektioner samt drift och underhåll.

6.9 SKYDD AV INSTALLATIONER

6.9.1 Skydd mot dropp

Trafikverket, TDOK 2016:0232 Råd Tunnelbyggnad

Trafikverket, TDOK 2016:0231 Krav Tunnelbyggnad

Avsnitt B.1.4 Utformning med hänsyn till skydd mot inläckning av vatten

6.9.2 Skydd mot inträngande vatten

Trafikverket, TDOK 2016:0232 Råd Tunnelbyggnad

Trafikverket, TDOK 2016:0231 Krav Tunnelbyggnad

Avsnitt B.1.4 Utformning med hänsyn till skydd mot inläckning av vatten

6.10 BRAND OCH UTRYMNING

6.10.1 Brand under jord

Arbetsmiljöverket, Arbetsplatsens utformning AFS 2009:2

78 § På arbetsplatser som annars skulle vara mycket svåra att utrymma, ska särskilda åtgärder vidtas som säkerställer möjligheterna till utrymning.

89 § I byggnader och andra anläggningar ska det, i den omfattning som behövs och på lämpligt belägna platser, finnas anslag med utrymningsplan. Planen ska

visa utrymningsvägar, ange hur räddningstjänsten och annan erforderlig hjälpinsats larmas och, när detta är aktuellt, visa var manuella larmutlösningssdon och larmtelefon är placerade samt ange plats för åter-samling.

Utrymningsplaner behövs dock inte för arbetsställen vars storlek, läge och överskådlighet är sådan att en utrymningsplan uppenbarligen saknar betydelse för personalens säkerhet vid en utrymning.

Svemin, Brandskydd i gruv- och berganläggningar

Kapitel 12.1 Utrymningsvägar

Huvudregeln är att det i en anläggning alltid skall finnas två av varandra oberoende utrymningsvägar. Räddningskammare kan i vissa fall utgöra det ena alternativet. Utrymningsvägarna skall vara inbördes åtskilda så att skada i ena utrymningsvägen ej blockerar den andra. Det är viktigt att verksamhet som kan medföra risk för brand förläggs utanför område som endast har en utrymningsväg. Brännbart material skall heller inte placeras i sådant område eller dess utrymningsväg. Om avståndet är längre än 750 m till två av varandra oberoende utrymningsvägar förutsätter detta att en räddningskammare finns.

Från hög byggnad, t.ex. lave¹, skall förutom invändig trappa/stege finnas utvändig stege försedd med ryggskydd och vilplan, tillgänglig från varje våningsplan. Om utrymningsväg (under jord) består av enbart en gruvhiss kan den få räknas som utrymningsväg, under förutsättning att räddningshiss finns eller att strömförsörjningen kan säkerställas med reservkraft, t.ex. dieseldrivnet elaggregat. Hissar får normalt inte räknas som utrymningsvägar om de inte är klassade som räddningshissar.

Samtliga utrymningsvägar skall vara tydligt markerade, med fördel genom reflekterande skyltar. Sådana har visat sig fungera bäst i mörka miljöer, t.ex. som i en berganläggning, när de blir belysta av fordon eller personburen lampa.

¹ Lave är överbyggnaden ovan ett gruvschakt som inrymmer bland annat linspelet för gruvhiss

7 Egenkontroller och upprättande av checklistor

Egenkontroller bör utformas för drift och underhållsarbete för varje del av en anläggning och ingår lämpligen som en del av ägarföretagets eller verksamhetsutövarens ledningssystem där rutin och vägledning framgår. En inledande genomgång av anläggningsdelens funktion, rumsliga uppdelning och dess läge i förhållande till övriga delar bör göras. Utifrån detta kan lämpliga delar användas för en egenkontrollista för respektive anläggningsdel.

Vid inledande utformande av egenkontroller kan tabell 1 användas för att identifiera risker. Till varje situation och typ av arbete kopplas sedan en kontroll.

Förslag på identifierbara risker och situationer:

- Arbete som innebär risk för nedstörtning
- Arbete i utrymme där damm och partiklar förekommer
- Arbete i utrymme där radongasrisk föreligger
- Arbete som innebär fysisk isolering
- Arbete i utrymme med risk för syrebrist
- Arbete i område med utrustning och installationer
- Arbete i område med otillräcklig belysning / belysning saknas
- Arbete som innebär manuell hantering av material
- Arbete i område med risk för att halka
- Borrning i bergrum och tunnlar

Förslag till egenkontroller för identifierad risk:

7.1 ARBETE SOM INNEBÄR RISK FÖR NEDSTÖRTNING

Stegar och fästanordningar

Fallskydd, personlig utrustning

Räcken och avspärningar

7.2 ARBETE I UTRYMME DÄR DAMM OCH PARTIKLAR FÖREKOMMER

Identifiera typ av partiklar

- Asbest
- Kvartsdamm
- Arsenik
- Andra typer av hälsovådligt damm

Andningsskydd med filter anpassat till typ av partiklar

Personlig skyddsutrustning anpassat till typ av partiklar

- Klädsel
- Handskar
- Stövlar
- Skyddsglasögon

7.3 ARBETE I UTRYMME DÄR RADONGASRISK FÖRELIGGER

Resultat av senast utförda radongasmätning

Resultat av tidigare radongasmätningar

Utrymme med inläckande vatten (radongas kan finnas i löst form i vatten och avgå till gasform där vattnet tränger ut ur berget)

Utrymme med risk för intermittent eller periodvis vatteninläckage

Uppskattad arbetstid i området

Utvärdering:

Kan inträngande vatten vara radonförande

Behov av personlig mätutrustning, dosimeter alternativt annan mätutrustning

7.4 ARBETE SOM INNEBÄR FYSISK ISOLERING

Tillgång till fasta förbindelser (förbindelse via kabel)

Möjlighet till rörliga förbindelser (radio)

Upprättad rutin för kommunikation

7.5 ARBETE I UTRYMME MED RISK FÖR SYREBRIST

Utrustning för kontroll av syrenivå

Utrustning för kontroll av halter av giftiga och/eller explosiva gaser

Personlig skyddsutrustning

- Andningsskydd avsett för skydd mot aktuella gaser
- Lufttuber

7.6 ARBETE I OMRÅDE MED UTRUSTNING OCH INSTALLATIONER

Arbetsplan som tar hänsyn till bland annat:

- Typ av installation
- Installationer som är driftsatta
- Spänningssatt utrustning
- Installationer med rörliga delar

Typ av utrustning som medförs, exempelvis om denna är elektriskt ledande, svår att hantera i trånga utrymmen, avger elektromagnetisk strålning etc.

7.7 ARBETE I OMRÅDE MED OTILLRÄCKLIG BELYSNING / BELYSNING SAKNAS

Personlig utrustning

Redundans (alternativ ljuskälla)

7.8 ARBETE SOM INNEBÄR MANUELL HANTERING AV MATERIAL / UTRUSTNING

Typ av utrustning, vikt

Typ av material, vikt

Typ av arbete, repetitiva rörelser, tunga lyft etc.

Tillgängliga lyftanordningar

Giltiga tillstånd för maskiner, lyftanordningar etc.

7.9 ARBETE I OMRÅDE MED RISK FÖR ATT HALKA

Personlig utrustning

7.10 BORRNING I BERGRUM OCH TUNNLAR

Rensad och kontrollerad bergyta

Tabell 1 I dokumentet upptagna situationer samt därtill kopplade föreskrifter och paragrafer

Situation	Föreskrifter och skrivelser	Paragrafer och stycken
Egenkontroller	Förordning om verksamhetsutövers egenkontroll, 1998:901 Byggnads- och anläggningsarbete, AFS 1993:3 Systematiskt arbetsmiljöarbete, AFS 2001:1	4 § 48 § 3 §, 5 §
Besiktning av berg	Berg och gruvarbete, AFS 2010:1 Vibrationer, AFS 2005:15 Inspektion av byggnadsverk, TDOK 2018:0179	1 §, 3 § 4 §, 5 § 4.2.1
Åtgärdsarbeten	Berg och gruvarbete, AFS 2010:1 Förordning om verksamhetsutövers egenkontroll, 1998:901 Användning av arbetsutrustning, AFS 2006:4	3 §, 36 § 5 § 3 §, 5 §
Bergrum med höga spänningar	Berg och gruvarbete, AFS 2010:1	3 §
Fallolyckor	Skydd mot skada genom fall, AFS 1981:14 Arbetsplatsens utformning, AFS 2009:2 med komplettering 2018:5	1 §, 2 §, 6 §, 9 §, 12 § 69 §
Halkrisk	Skydd mot skada genom fall, AFS 1981:14 Arbetsplatsens utformning, AFS 2009:2 med komplettering 2018:5	3 § 114 §
Borrning	Berg och gruvarbete, AFS 2010:1	§ 36

Arbetsplatsens utformning	Arbetsplatsens utformning, AFS 2009:2 med komplettering 2018:5	29 §
Belastningsbesvär	Belastningsergonomi, AFS 2012:2	5 §
Tung utrustning och manuell hantering	Belastningsergonomi, AFS 2012:2 Byggnads och anläggningsarbete, AFS 1993:3	6 § 46 §
Belysning	Arbetsplatsens utformning, AFS 2009:2 med komplettering 2018:5	10 §, 11 §, 12 §
Kommunikation	Ensamarbete, AFS 1982:3 Berg och gruvarbete, AFS 2010:1	1 § 7 §
Kvartsdamm och arsenik	Berg och gruvarbete, AFS 2010:1 Kvarts, stendamm i arbetsmiljön, AFS 2015:2 Hygieniska gränsvärden, AFS 2015:7	10 §, 35 §, 43 § 16 §, 17 § Gränsvärdestabell
Serpentiner, asbest	Asbest föreskrifter, AFS 2006:1 Hygieniska gränsvärden, AFS 2015:7	12 § Gränsvärdestabell
Partiklar från förbränningsmotorer	Användning av arbetsutrustning, AFS 2006:4	Bilaga A
Buller vid åtgärds- och förstärkningsarbeten	Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller, AFS 2005:16	12 §
Vibrationer	Vibrationer, AFS 2005:15	3 §, 8 §

Radon, gränsvärden	Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om radon på arbetsplatser, 2018:10 Berg och gruvarbete, AFS 2010:1 Hygieniska gränsvärden, AFS 2015:7 Strålsäkerhetsmyndighetens nationella handlingsplan för kartläggning av radon	1 §, 8 §, 12 §, 14 § 27 § Gränsvärdestabell Kapitel 2.2 Val av referensnivå, Kapitel 8.3 Mätning
Radon, vatten	Strålsäkerhetsmyndighetens nationella handlingsplan för kartläggning av radon Radonboken	Kapitel 9 Radon i dricksvatten Kapitel 4.4 Transport av markradon, Kapitel 4.10 Hushållsvattnet
Syrebrist	Kemiska arbetsmiljörisker, AFS 2011:19	31 §, 32 §
Giftiga eller explosiva gaser	Kemiska arbetsmiljörisker, AFS 2011:19	8 §
Åtgärdsarbeten nära installationer	Allmänna råd om elsäkerhet vid arbete i yrkesmässig verksamhet, ELSÄK-FS 2006:1 Arbetsplatsens utformning, AFS 2009:2 Användning av arbetsutrustning, AFS 2006:4 Råd tunnelbyggnad, TDOK 2016:0232 Krav tunnelbyggnad, TDOK 2016:0231	1 §, 2 §, 5 §, 7 § 115 § 3 § Avsnitt B.1.3.2 Åtkomlighet för inspektioner samt drift och underhåll
Utrymmesbrist vid bergbesiktning	Arbetsplatsens utformning, AFS 2009:2 Råd tunnelbyggnad, TDOK 2016:0232	115 § Avsnitt B.1.3.2 Åtkomlighet för inspektioner samt drift och underhåll

	Krav tunnelbyggnad, TDOK 2016:0231	
Skydd mot dropp och inträngande vatten	Råd tunnelbyggnad, TDOK 2016:0232 Krav tunnelbyggnad, TDOK 2016:0231	Avsnitt B.1.4 Utformning med hänsyn till skydd mot inläckning av vatten
Brand under jord	Arbetsplatsens utformning, AFS 2009:2 Svemin Brandskydd i gruv- och berganläggningar	78 §, 89 § Kapitel 12.1 Utrymningsvägar

8 Diskussion och förslag till fortsatt arbete

8.1 DISKUSSION

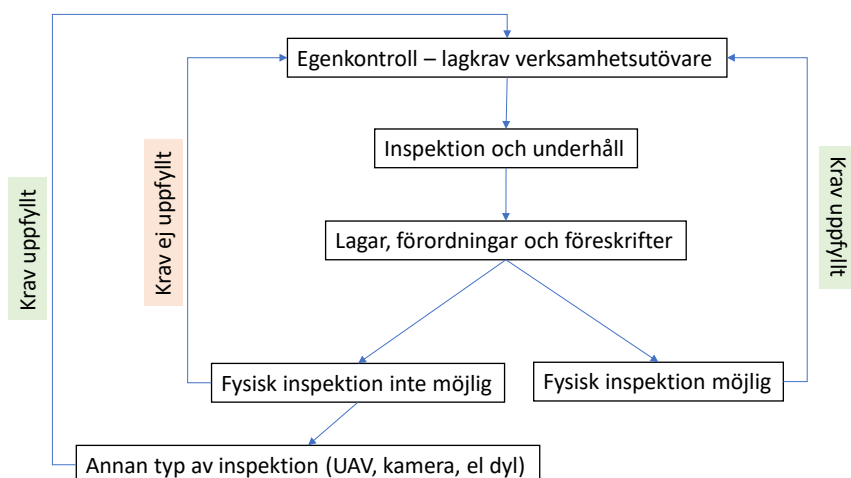
Den i detta avseende viktiga föreskriften "Berg och gruvarbete, AFS 2010:1" gäller ej färdigställda och inredda bergrum. Detta medför att betydelsen av de paragrafer som finns i denna måste sökas i andra föreskrifter som gäller arbetsplatser allmänt, inte berganläggningar specifikt.

Som denna rapport redovisar är de krav som finns för drift av berganläggningar dels ofta allmänt hållna och dels fokuserade på säkerhet och arbetsmiljö. Det är förvisso viktigt men det saknas konkreta beskrivningar på hur det uppnås för exempelvis ett bergrum. Trafikverket redogör i TDOK 2018:0179 för krav på inspektion av bergtunnlar där det både anges krav på det tekniska utförandet men även med vilket tidsintervall inspektioner ska ske samt hur de ska dokumenteras. Utöver kravdokumentet finns handböcker och guider för hur olika skador ska bedömas ur ett säkerhetsperspektiv. Påpekas bör att Trafikverkets krav och råd gäller trafiktunnlar där det vistas många människor och som trafikeras, detta är sällan fallet för vattenkraftindustrins berganläggningar där flertalet utrymmen i berg inte används lika frekvent. En analys av Trafikverkets krav vid tunnelbyggande bör därmed göras för att kunna anpassa kravnivån till vattenkraftens anläggningar.

En samlad beskrivning för vattenkraftindustrins anläggningar rekommenderas att tas fram. Denna skulle kunna utgå från Trafikverkets skrifter men sannolikt måste metodbeskrivningarna arbetas om då förutsättningarna för att göra inspektioner och utrymmenas användningsfrekvens skiljer sig åt.

Varje anläggningsägare bör upprätta checklistor för egenkontroll för dels inspektionsarbeten och dels underhållsarbeten för att säkerställa att de förordningar och myndighetsföreskrifter som är upptagna i denna rapport efterlevs.

Krav gällande dokumentation för egenkontroll bör upprätthållas genom skapandet av exempelvis en handbok för drift- och underhållsarbeten. Innehållet i denna bör anpassas efter varje anläggning eftersom förutsättningarna är olika i olika anläggningar beroende på när den byggdes. Vid upprättande av handbok bör det även ingå en genomgång av vad som är möjligt att göra i anläggningen och hur problem ska hanteras för att uppfylla kravet på egenkontroller. Figur 8-1 visar ett exempel på schema med förslag på lösning av hinder vid inspektionsarbeten.



Figur 8-1 Exempelschema gällande möjligheter vid inspektionsarbeten i berganläggningar

Vid inventering av tillgängligt material för denna rapport har krav om skydd mot dropp inte hittats. Trafikverkets TDOK bör därmed ligga till grund för upprättande av kravställning inom området. Exakt vilken nivå som ska användas måste dock föregås av känslighetsutredning för den utrustning som kan komma att påverkas.

Vid hantering av radon bör undersökningar med långtidsmätningar kompletteras med korttidsmätningar och momentana mätningar för att ligga till grund för beslut om huruvida personliga mätare behövs. I anläggningar där radongaskoncentrationen fluktuerar kan det vara nödvändigt att använda personliga mätare om anledningen till fluktuationen inte går att finna. Exempel på anledning till skillnader i radongaskoncentration kan vara nederbördspåverkande inläckage av vatten. Det är inte säkert att en långtidsmätning i tillräcklig utsträckning kan fånga upp snabba förändringar av halterna radongas i luften, därmed måste mätningar utföras med kortare tidsintervall (alternativt mätning som utförs med instrument som analyserar och sparar data för givna tidsperioder). Om radongaskoncentrationen inte förändras skulle istället långtidsmätningar i en anläggning kunna ligga till grund för beräkningar av hur stor dos personal blir utsatta för. För att utföra detta behövs dock ett register över halterna för olika delar av anläggningen samt för när och hur länge personal uppehållit sig i de olika delarna.

8.2 FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

Arbete med en helhetssyn gällande befintliga berganläggningar bör utföras. Exempelvis genom anpassningar av rutiner, checklistor med mera så att hänsyn tas till Arbetsmiljöverkets föreskrifter. Detta gäller även AFS 2010:1 Berg och gruvarbete som egentligen inte gäller i färdigställda bergrum.

En kartläggning av radonrisk rekommenderas utföras för att ytterligare kunna analysera behovet av till exempel personliga mätare eller andra

mätningar/utredningar. Kartläggningen bör utföras för alla berganläggningar inom vattenkraftindustrin och minst omfatta följande:

1. Utrymmen med dålig eller obefintlig ventilation
2. Geologiska undersökningar av omgivande berg gällande uranhalt
3. Mätningar av uranhalter
4. Tidigare mätningar av radonhalter
5. Vatteninläckage, konstanta och årstidsberoende/intermittenta

Det bör utredas hur en anläggningsspecifik handbok för drift- och underhållsarbeten kan utformas. Handboken kan vara indelad i två delar, en generell del som beskriver krav som gäller samtliga anläggningar, exempelvis vad som ska dokumenteras, hur länge dokumentation ska sparas, vilka typer av dokumentation som ska upprättas och av vem. Det bör även finnas tydliga riktlinjer för ansvarsfördelningen; Vilken dokumentation ska anläggningsägaren ansvara för och vilken ska entreprenörer ansvara för.

Den andra delen av handboken gäller specifikt för varje enskild anläggning och innehåller uppgifter om exempelvis radongaskoncentrationer för olika delar av en anläggning, dokumentation gällande tidigare utförda arbeten med mera och även relationshandlingar från när anläggningen byggdes, geologi etc. Av handboken behöver också framgå hur besiktningsarbeten ska redovisas och dokumenteras.

Sammanfattningsvis bör fortsatt arbete omfatta ett anläggningsregister som beskriver berganläggningarna för vattenkraften i Sverige, deras förutsättningar för att kunna utföra inspektion och underhåll för att upprätthålla kravet på egenkontroll samt en handbok som beskriver hur och när besiktningsarbeten ska utföras och dokumenteras.

Arbete med en handbok för drift- och underhållsarbeten bör utföras i gemensam organisation för energibolagen, förslagsvis inom Energiforsk. Att upprätta ett anläggningsregister som beskriver förutsättningarna för handboken kan vara lämpligare att utföra inom respektive ägarbolag till vattenkraftanläggningarna för att sedan sammanställas gemensamt om så är möjligt.

9 Referenser

- Arvidsson, A. (2019). (P. Engvall, Intervjuare)
- Hansson, R., Bäckman, S., Linder, M., Lindmark, B.-S., & Reistadmo, A. (2016). *Årsrapport 2016 Brandtillbud*. Gramko Arbetsgrupp Brand.
- Jelinek, C., & Eliasson, T. (2015). *Strålning från bergmaterial*. Uppsala: Sveriges Geologiska Undersökning.
- Lindholm, K. (2018). *De största vattenkraftstationerna*. Hämtat från Energiföretagen: <https://www.energiforetagen.se/sa-fungerar-det/elsystemet/produktion/vattenkraft/de-storsta-vattenkraftstationerna/>
- Norlin, L., Hallberg, A., Pettersson, B., Westrin, P., Åkerhammar, P., Arnbom, J.-O., & Jelinek, C. (2016). *Mineralmarknaden 2015*. Uppsala: Sveriges Geologiska Undersökning.
- Olofsson, S. (2013). *Modern bergsprängningsteknik*. Gyttorp: Orica Sweden AB.
- Strålsäkerhetsmyndigheten. (2018). *Nationell handlingsplan för radon*. Stockholm: Strålsäkerhetsmyndigheten.
- Åkerblom, G., & Clavensjö, B. (2004). *Radonboken*. Stockholm: Formas.

KRAV VID DRIFT AV VATTEN- KRAFTENS BERGANLÄGGNINGAR

Svensk vattenkrafts berganläggningar har till stor del byggts under 1900-talet och miljöerna där anläggningarna finns är skiftande med olika typer av geologi, bergarter och förkastningar. Det berg som omsluter tunnlar och rum, ser olika ut och har olika behov av underhåll vilket innebär att behovet av inspektioner och underhåll skiftar mellan olika berganläggningar.

I rapporten analyseras befintliga krav, lagar, förordningar och föreskrifter för att undersöka konsekvenserna av kraven för arbeten med och i vattenkraftindustrins berganläggningar.

Analysen visar att det finns ett stort antal föreskrifter med bäring på just den här typen av arbeten. Det finns därför ett behov av att ta fram en gemensam praxis för inspektions- och underhållsarbeten med utgångspunkt från befintlig lagar, förordningar och föreskrifter.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk