Handläggare
Erica Erikson
Johan Sandberg
E-post
Erica.Erikson@afry.com
johan.sandberg@afry.com

Datum
2022-05-03

Projekt-ID
799974

Status
Slutversion

Kund
Vallentuna kommun
Kontaktperson: Erika Svensson

PM Geohydrologi

Lindholmen Centrum, Vallentuna

AFRY

Upprättat av: Erica Erikson, Johan Sandberg, Anna Gabrielsson

Granskat av: Johan Sandberg

Innehållsförteckning

Sammanfattning 3

1 Inledning och syfte 5

2 Underlag 7

3 Fältundersökningar 8
3.1 Installation av grundvattenrör 8
3.2 Grundvattenmätningar 8

4 Vattenförekomster, geologi och geohydrologi 9
4.1 Vattenförekomster 9
4.2 Geotekniska förhållanden 10
4.3 Geohydrologi 11
4.4 Grundvattennivåer 12
4.4.1 Min, medel och maxnivåer 15
4.4.2 Interpolerad grundvattennivå inom utredningsområdet 16
4.4.3 Uppmätta nivåer jämfört med referensnivåer senaste 10 åren ... 19

5 Generella risker kopplat till grundvattensänkning 20
5.1 Identifierade riskobjekt 21
5.2 Riskbedömning kopplat till grundvattensänkning 23

6 Rekommendationer 24
6.1 Grundläggning 24
6.1.1 Delområde 1 – norra och östligaste delen 24
6.1.2 Delområde 2 – mellersta delen 24
6.1.3 Delområde 3 – södra delen 25
6.2 Schaktning 25
6.2.1 Uppfyllnad och höjdsättning 26
6.3 Vattenverksamhet 27
6.4 Kontrollprogram 27

7 Sammanfattande bedömningar 28

8 Fortsatta arbeten 30

9 Källor 31

Bilagor

Bilaga 1 Grundvattenrör

Bilaga 2 Grundvattenmätningar

Bild på framsida föreställer grundvattenrör med ID 20G014G. Bilden är tagen 24 Maj 2021.

Sammanfattning

Vallentuna kommun arbetar med en detaljplan för Lindholmens centrum, vilket innefattar markanvändningsutveckling för omvandling till bostäder och andra verksamheter. Projektet genomförs med utgångspunkten ca 300 bostäder i form av främst flerbostadshus, men även rad-par-kedjehus och eventuell handelsetablering i form av livsmedelsbutik och andra mindre verksamheter.

Höga grundvattennivåer uppmärksammandes i den tidigare utförda översiktliga geotekniska undersökningen, varför en geohydrologisk studie genomförts inom ramen för detta uppdrag. Som del av den geohydrologiska studien genomfördes mätningar av grundvattennivåer i rör vilka i huvudsak installerats i det undre magasin som förekommer inom utredningsområdet. Grundvattennivån ligger nära markytan i större delen av utredningsområdet och bedöms i södra delen vara artesiskt, alltså att trycknivån i grundvattenmagasinet under leran ligger högre än markytan. Utredningsområdet är indelat i tre delområden. Medelgrundvattennivå ligger på ca +19,5 i delområde 1, vilket motsvarar ca 1 meter under markytan. Medelnivån i delområde 2 är ca +18,6 vilket motsvarar ca 0,5 meter under markytan. I delområde 3 är medelnivån ca +17,6 vilket motsvarar ca 0,2 meter under markytan.

Generell strömningsriktning i undre magasin bedöms vara från norr till söder inom utredningsområdet. Det finns säsongsvariationer som medför grundvattenströmning i den norra delen av utredningsområdet som går mot öst/nordöst under delar av året, och i sydlig riktning under andra. Tillrinning sker generellt från nord- och västlig riktning. Delområde 3 bedöms vara det primära utströmningsområdet, vilket innebär att grundvatten där lämnar magasinet, i motsats till tillrinningsområdet där huvudsaklig grundvattenbildning sker. De säsongsvariationer i grundvattennivå som observerats tyder på att grundvattenmagasinet är som fullast under våren och som lägst under tidig höst.

Grundvattenbildningen för magasinet bedöms ligga på 68 000 m^3/år, motsvarande 2,2 l/s. Magasinets area är uppskattad till 778 000 m^2, varav 67% överlagras av lera eller avgränsas av ytligt berg, och 33% är morän i dagen. Då stora delar av grundvattenmagasinet ligger under låggenomsläpplig lera bedöms hårdgörande av ytor inom utredningsområdet inte påverka grundvattenbildningen i nämnvärd utsträckning eftersom grundvattenbildning främst sker i magasinets ytterkanter där moränen går i dagen. Dränering och bortledning av grundvatten kommer dock minska mängden vatten i grundvattenmagasinet vilket kommer påverka vattenbalansen inom påverkansområdet.

Där dränering under grundvattennivån utförs kommer det innebära att grundvattennivån runtomkring permanent sänks. Rekommendationen är att inte anlägga underjordiska garage eller källare på grund av höga grundvattennivåer. Det kommer krävas en tillfällig grundvattensänkning i samband med schaktning under grundvattennivån såvida inte inläckage av grundvatten kan förhindras med tätspont.

Bortledning av grundvatten är i huvudsak tillståndspliktigt enligt miljöbalken 11 kap 9 §, dock kan undantag från tillståndsplikt enligt 11 kap 12§ åberopas ifall det är uppenbart att ingen skada på allmänna eller enskilda intressen föreligger. Då det förekommer artesiskt grundvatten kommer avledning ske via dränerande lager kring byggnaders grundläggning. Detta innebär en permanent grundvattenpåverkan, varför tillståndsansökan för vattenverksamhet är att rekommendera. För tillståndsansökan bör påverkansområdet utredas både för drift och för entreprenadskedet.

Bedömningen är att det föreligger viss risk för föroreningsspridning när grundvatten leds bort och flödesmönstret förändras. Rekommendationen är att genomföra provtagningar innan byggskedet för att utreda omfattning av eventuell förorening i jord och grundvatten. Risk för föroreningsspridning under entreprenadskedet kan minimeras i de områden där det förekommer föroreningar genom att använda tätspont för att motverka inläckage av grundvatten till schakten.

I området finns lera med flera meters mäktighet vars kompressionsegenskaper inte är kända. Sättningar kan därför inte uteslutas på längre sikt om grundvattennivåerna sjunker permanent. Rekommendationen är därför att undersöka jordens hållfasthets- och kompressionsegenskaper. Schakter i byggskedet bedöms kunna utföras utan risk för marksättningar då sättningar uppstår långsamt vid avsänkta grundvattennivåer, oftast över flera månaders tid. Det bedöms inte finnas risk för påverkan på brunnar som följd av grundvattenavsänkning under byggskedet.

Om lerlagret grävs bort och motvikten till grundvattentrycket minskar finns det risk att grundvattnet antingen destabiliserar schaktbottnar eller helt trycker upp genom kvarvarande jordlager, så kallad bottenupptryckning. För att motverka risken kan tätspont erfordras eller etappvis schaktning med tidig utläggning på botten. På grund av detta är rekommendationen att göra beräkningar för hur mäktigt lerlager som måste vara kvar för att kunna behålla en stabil botten på schakt och dagvattenlösningar. Utskiftning av leran kan medföra att det nuvarande undre grundvattenmagasinet kommer i kontakt med atmosfärtrycket och stiger närmare markytan. Högt grundvatten bör tas hänsyn till vid fortsatt projektering. Om leran bara schaktas bort delvis, alltså att lagret består, fast tunnare, kommer troligen ett övre grundvattenmagasin bildas i fyllnadsmaterialet ovan det kvarvarande lerlagret.

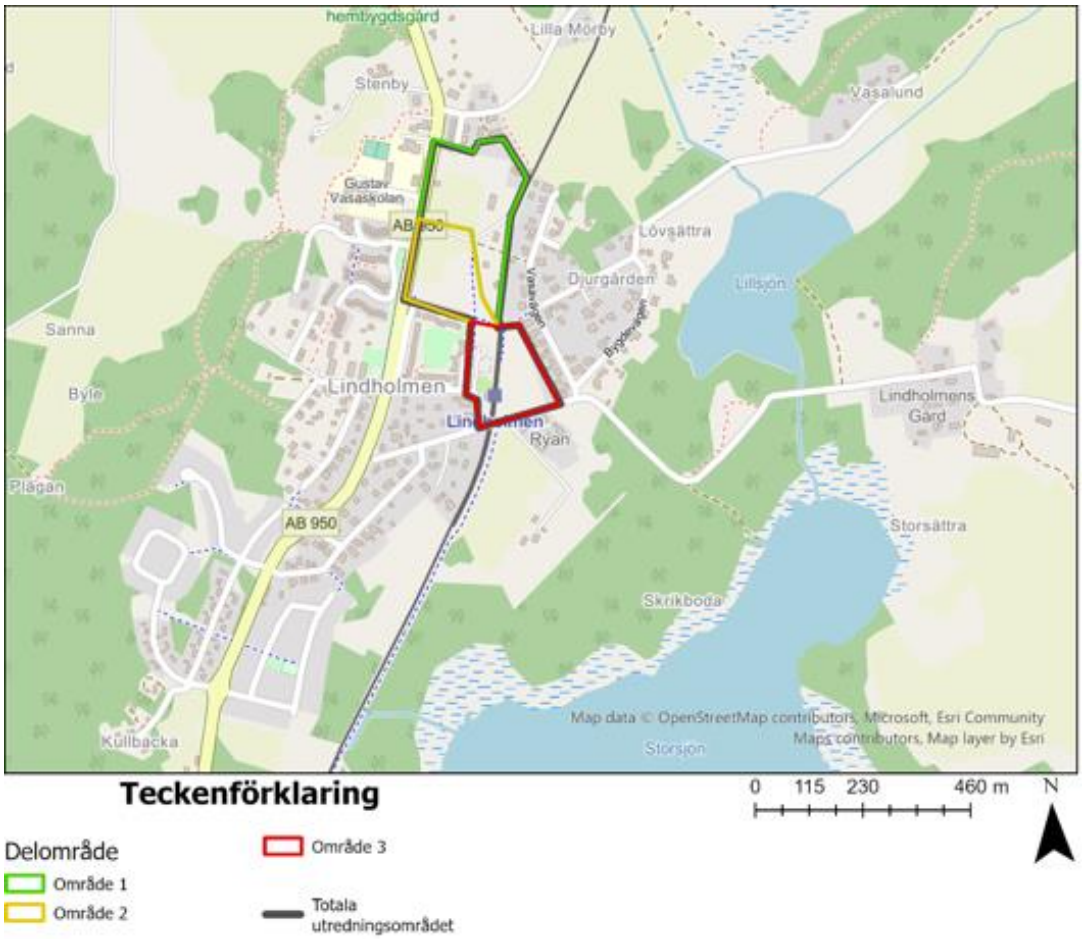
Grundläggning av planerad bebyggelse i delområde 1 rekommenderas göras med platta på packad fyllning av sprängsten efter utskiftning av förekommande jord, alternativt grundläggning med plintar på berg eller med korta pålar. I delområde 2 rekommenderas att grundläggning väster om befintligt gc-väg görs med pålar. Öster om befintlig gc-väg rekommenderas grundläggning med platta på packad fyllning av sprängsten efter utskiftning av förekommande jord. Grundläggning av bebyggelse i delområde 3 rekommenderas ske med spetsbärande pålar. För uppfyllnader på leområden för anslutning av gator till kvartersmark krävs utredning av geotekniska åtgärder avseende sättningar.

1 Inledning och syfte

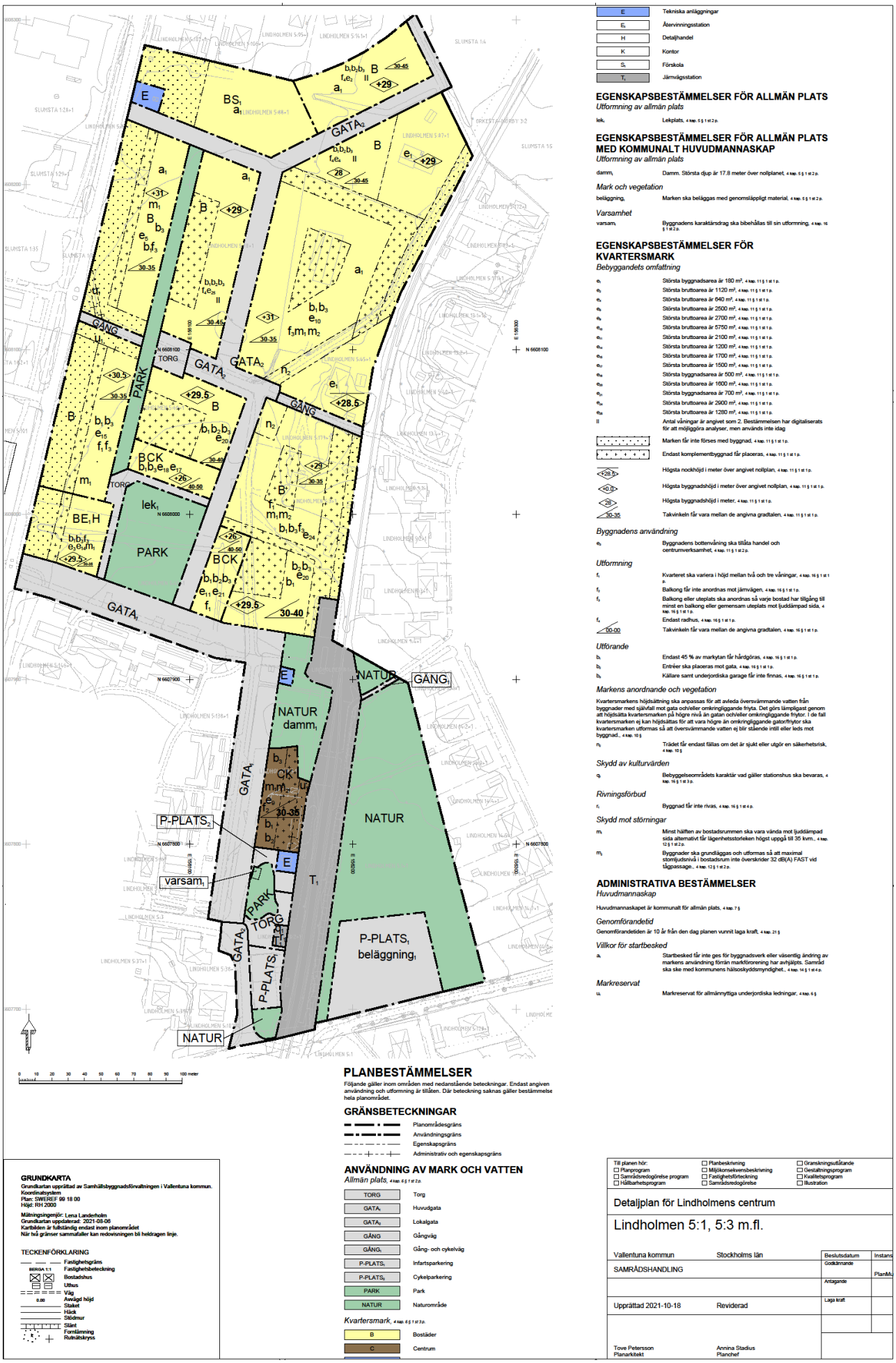
Vallentuna kommun ska ta fram en detaljplan för Lindholmens centrum, vilket innefattar markanvändningsutvecklingen för omvandling till bostäder och andra verksamheter. Projektet genomförs med utgångspunkten att ca 300 bostäder i form av främst flerbostadshus, men även en rad-par-kedjehus och eventuell handelsetablering i form av livsmedelsbutik och andra mindre verksamheter.

Syftet med den geohydrologiska utredningen är att klargöra vattenbalansen och grundvattensituationen idag och eventuell förändrad vattenbalans och grundvattensituation efter exploatering inom aktuellt område. Den geohydrologiska studien innefattar bedömning om artesiskt grundvatten påträffas inom utrednings-området, om det finns ett behov att avsänka grundvattnet samt vilka risker grundvattenpåverkan i anslutning till utvecklingen av Lindholmens centrum kan medföra. Grundvattnets strömningsriktning samt kontakt och inverkan på vattenförekomster och deras statusklassningar och miljökvalitetsnormer utreds i PM. Utöver detta ämnar rapporten utröna huruvida ett övre grundvattenmagasin kan bildas vid uppfyllnad av marken i området.

Området som utreds är uppdelat i tre delområden baserat på jordlagerförhållanden, se Figur 1. Figur 2 visar ett utkast från 2021-10-18 på plankarta för Lindholmens centrum. De grundvattennivåer som redovisas i PM är i höjdsystemet RH 2000 om inget annat anges.



Figur 1. Karta över Lindholmen samt de tre delområdena och vattenförekomsterna Storsjön och Lillsjön.



Figur 2. Plankarta för Lindholmens Centrum, utkast från 2021-10-18. Bebyggelse mellan 2 och 3 våningar. Markering b1 indikerar områden där endast 45 % av ytan får hårdgöras. En damm planeras bredvid järnvägen T1.

2 Underlag

Följande material har legat som underlag för PM:

- Förfrågningsunderlag PM Geohydrologi – Lindholmens centrum, Vallentuna kommun, 2021-02-11
- Markteknisk undersökningsrapport (MUR) upprättad av AFRY daterad 2020-11-04.
- PM Geoteknik Lindholmens Centrum, Vallentuna upprättad av AFRY daterad 2020-11-04
- Översiktlig miljöteknisk undersökning av fastigheterna Lindholmens 5:78 och 5:88 samt del av planområdet Lindholmens C i Vallentuna kommun upprättad av AFRY daterad 2020-10-05
- Markanvändningskarta daterad 2021-10-18 från Vallentuna kommun
- Plankarta (ACAD_Plankarta utkast 1.dwg) erhållen 2021-04-07 Vallentuna kommun
- Grundkarta (GK_Lindholmens Centrum 2020-04-06.dwg) erhållen 2021-04-07 Vallentuna kommun
- SGU:s jordartskarta ca 1:25 000 - 100 000.
- SGU:s Jorddjupskarta skala 1:50 000.

3 Fältundersökningar

3.1 Installation av grundvattenrör

Inom området fanns sedan tidigare tre st grundvattenrör: 20A003G, 20G014G och 20AF109G. Rör 20G014G och 20A003G är 1” stålrör med 0,5 m dukfilter, 20AF109G är ett 2” PEH-rör med 2 m slitsat filter.

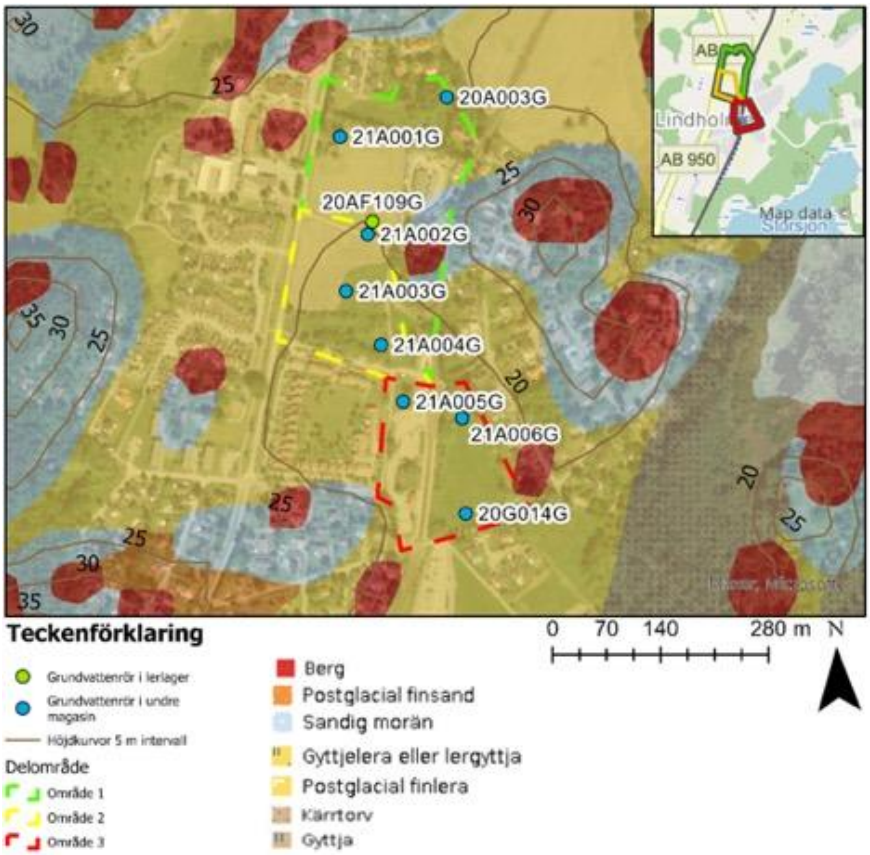
Sex nya grundvattenrör: 21A001G, 21A002G, 21A003G, 21A004G, 21A005G och 20A006G har installerats ner till ett jordlager av friktionsjord. Se bilaga 1 samt figur 3 nedan. Samtliga nya grundvattenrör är 1” stålrör med 0,5 m dukfilter.

Grundvattenrören installerades med geoteknisk borrbandvagn i maj 2021.

Installation av grundvattenrör föregicks av jordbergsondering ca 0,2-0,5 meter ned i förmodat berg. Funktionskontroll av grundvattenrören utfördes genom att fylla rören med vatten och observera avsänkningen i rören i samband med fältundersökningen.

3.2 Grundvattenmätningar

Grundvattennivån har kontrollerats i nio st grundvattenrör för att klarlägga grundvattensituationen i utredningsområdet. De nio grundvattenrören är markerade i Figur 3. Med undantag för rör 20AF109G har alla rör avslut i det vattenförande grundvattenmagasinet under leran. Rör 20AF109G sitter med avslut i lerlagret. Grundvattennivåmätningar har utförts en gång per månad under maj 2021- april 2022. Nivåmätningar har gjorts med grundvattenlod.



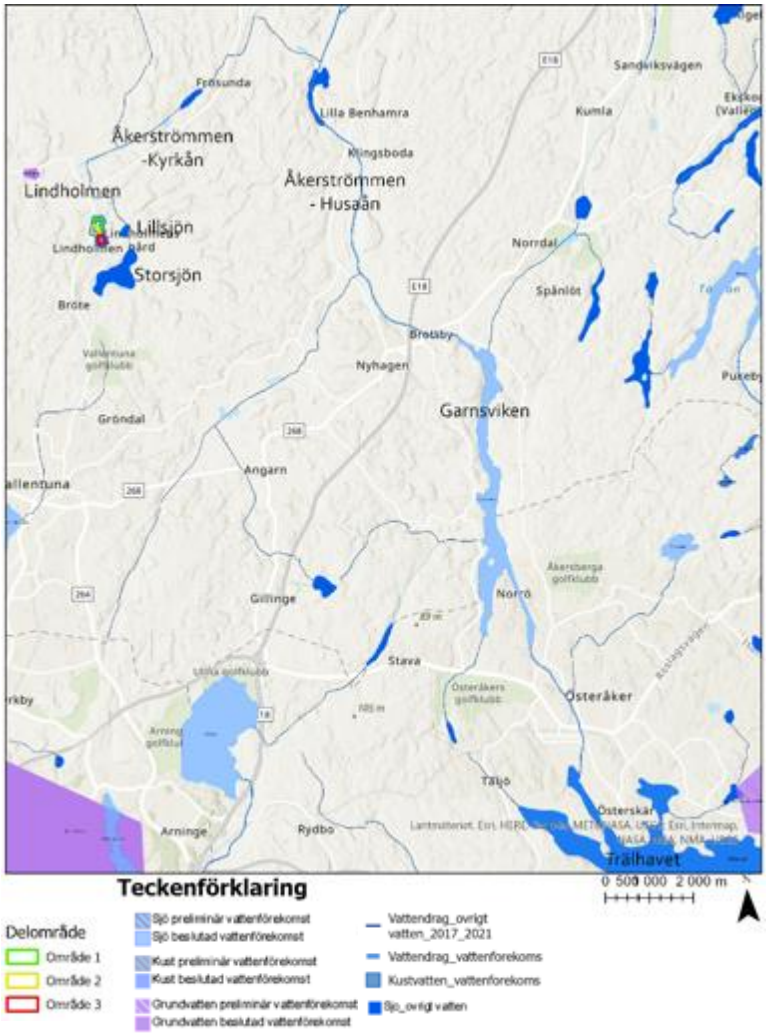
Figur 3. Karta som visar de 9 aktuella grundvattenrören, samt rör-ID. Utredningsområdet är uppdelat i tre delområden baserat på dess geotekniska lämplighet för bebyggelse enligt PM Geoteknik (AFRY, 2020b). I översiktskartan i högra hörnet syns även Storsjön och Lillsjön.

4 Vattenförekomster, geologi och geohydrologi

4.1 Vattenförekomster

I området söder om Lindholmens centrums utredningsområde finns Storsjön, en sjö på 0,48 km^2 vilken klassas som ”övrigt vatten” och saknar statusklassning och miljökvalitetsnormer. Vatten från Storsjön rinner vidare till Lillsjön, en sjö på 0,045 km^2, som saknar statusklassning och miljökvalitetsnormer. Från Lillsjön går vattnet genom det 9 km långa vattendraget Åkerströmmen-Kyrkån och mynnar ut i Åkerströmmen- Husaån. Åkerströmmen-Husaån är ett 10 km långt vattendrag med statusklassning måttlig ekologisk status och uppnår ej god kemisk status. Åkerströmmen-Husaån har problem med övergödning, kvicksilver och polybromerade difenyletrar (PBDE).

Vidare fortsätter vattnet från Åkerströmmen-Husaån till Garnsviken och därefter till Trälhavet. Nordväst om utredningsområdet finns grundvattenförekomsten Lindholmen (WA59717382) med en area på 0,071 km^2, och kemisk och kvantitativ status god. Se Figur 4 för karta över vattenförekomster.



Figur 4. Karta med vattenförekomster från Vatteninformationssystem Sverige. Lila polygoner är grundvattenförekomster. Mörkblå polygoner är sjöar klassade som övrigt vatten. Mörkblå vattendrag är klassade som övrigt vatten, och ljusblå vattendrag med mörka ytterkanter har miljöklassningar. Ljusblå polygoner indikerar sjöar med miljöklassning.

4.2 Geotekniska förhållanden

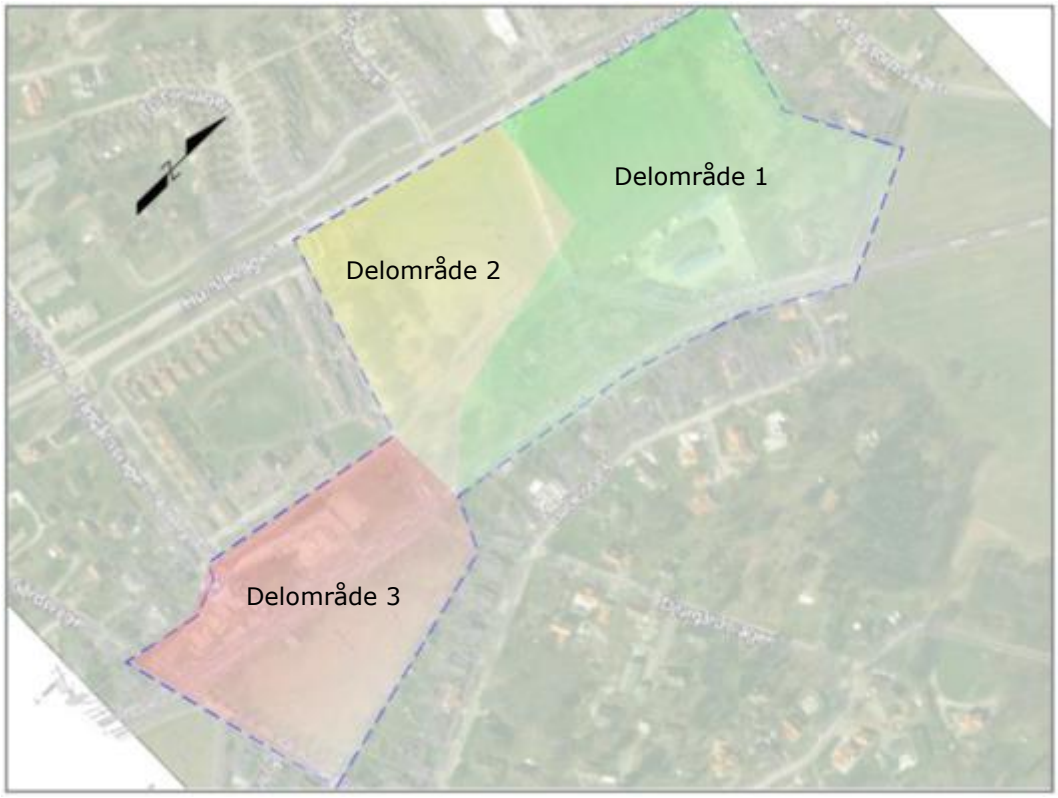
Utredningsområdet ligger beläget i ett relativt flackt område med leråkrar som omges av mindre höjder med berg i dagen (se Figur 3). Området utgörs av åkermark, gräsbeklädd mark med buskar och träd samt enstaka byggnader med hårdgjorda ytor. Marken sjunker generellt från nivå ca +22,0 i den norra delen till ca +17,5 i den södra delen.

Enligt SGU:s jordartskarta består marken huvudsakligen av postglacial finlera. Inom en mindre del av området, i den östra kanten, finns morän och berg i dagen. Enligt SGU jorddjupskarta varierar skattat jorddjup mellan 0-5 meter inom utredningsområdet. Utförda undersökningar visar upp till ca 10 m jorddjup i den sydöstra delen.

Den generella jordlagerföljden i utredningsområdet består av ytlig lera eller fyllnadsmaterial som överlagrar leran. Under lerlagret förekommer moränjord ovan berg. Fyllnadsmaterialet varierar i mäktighet mellan 0-2,5 meter enligt de sonderingar som utförts i området, se PM Geoteknik Lindholmen C (AFRY, 2020b).

Beskrivning av jordlagerförhållandena görs utifrån indelning av området i tre delar, se Figur 5:

- Delområde 1 – norra och östra delen
- Delområde 2 – mellersta delen
- Delområde 3 – södra delen



Figur 5. Indelning av undersökningsområdet i tre delområden.

I delområde 1 består jorden av ca 0,3-2,0 meter torrskorpelera på ca 0-1,0 meter lera som innehåller sand eller silt på 1,0-4,0 meter friktionsjord av morän ovan berg.

Sondering utfördes ned till mellan ca 1-5 meter djup under markytan varav två punkter till berg på 2,5 respektive 5 meter djup.

I delområde 2 består jorden av ca 0–2,5 meter fyllning på ca 0,3-1,6 meter torrskorpelera på ca 0,2-2,8 meter lera som kan innehålla silt och/sand på 1,0-3,0 meter friktionsjord av morän ovan berg. Sondering utfördes ned till mellan ca 2-9 meter djup under markytan, varav två punkter till berg på 8 respektive 9 meter djup.

I delområde 3 består jorden av ca 0,3 - 0,5 meter organisk jord på ca 0,2-0,7 meter torrskorpelera på ca 2,5-5,5 meter lera på ca 0-0,5 meter silt på ca friktionsjord av morän ovan berg. Sondering utfördes ned till mellan 5-11 meter djup under markytan varav två punkter till berg på 7 respektive 10,5 meter djup.

Från sonderingarna klassificeras lerans relativa fasthet som mycket låg inom hela undersökningsområdet. Lerans konsolideringssituation är inte känd men det ska förutsättas att marken inte kan belastas utan att sättningar uppstår.

4.3 Geohydrologi

Grundvatten inom utredningsområdet förekommer främst i ett undre grundvattenmagasin i morän. Moränen ligger under ett lager postglacial lera, vilken har låg genomsläpplighet. Den låga genomsläppligheten i leran leder till en separation av grundvattenmagasinet i moränen och markytan. Det kan även förekomma grundvatten i fyllnadsmassorna som finns inom utredningsområdet, ovan lerlagret. Det vatten som förekommer i fyllnadsmassorna kan ses som ett ytligt grundvattenmagasin. Den postglaciala leran begränsar då utbytet mellan grundvattnet i moränen och vatten i fyllnadsmassorna.

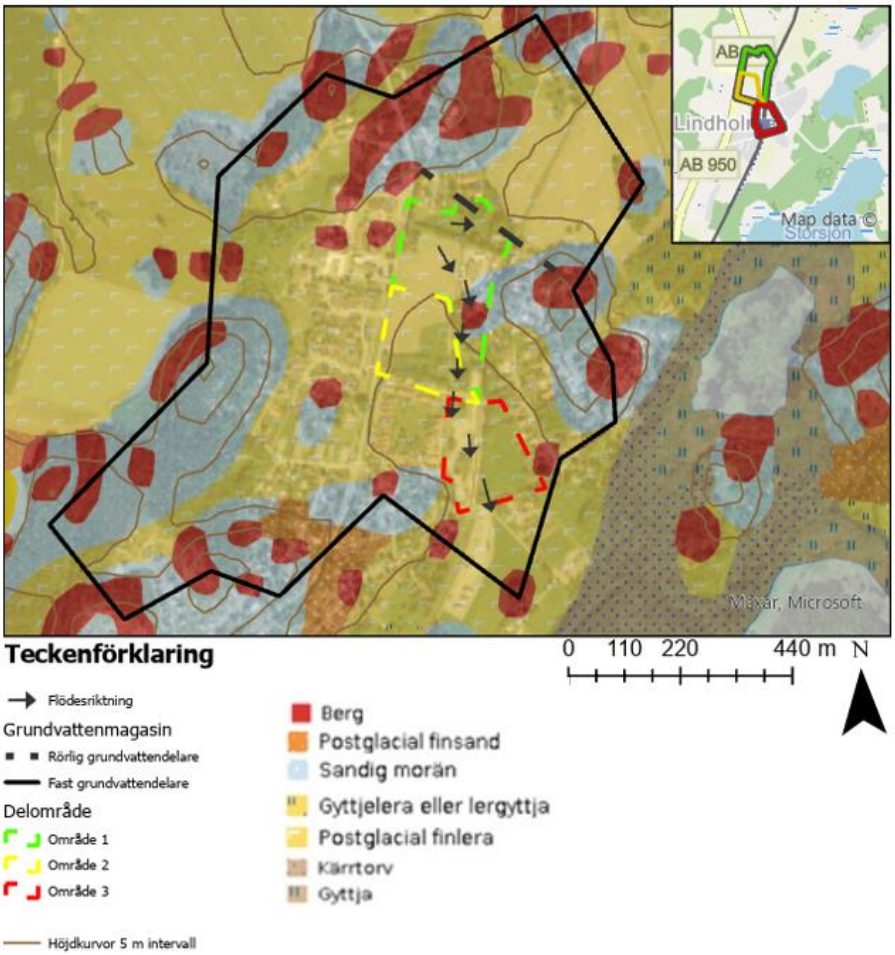
Den huvudsakliga grundvattenströmningen inom utredningsområdet sker från norr till söder i moränen under leran. Tillrinning till grundvattenmagasinet under leran sker över ett större avrinningsområde än utredningsområdet för Lindholmens centrum. Den generella tillrinningen till utredningsområdet sker från nord- och västlig riktning. Utströmning av grundvatten sker mot Storsjön, vilket gör den södra delen av utredningsområdet (delområde 3) till en del av utströmningsområdet. Vattendelare för grundvattenmagasinet är illustrerade i Figur 6 med heldragna svarta linjer. I den nordöstra delen av grundvattenmagasinet varierar strömningsriktningen säsongsmässigt, då grundvattenströmningen i vissa perioder går österut i norra delen av utredningsområdet och under andra perioder söderut. Detta innebär en rörlig grundvattendelare, vilken är markerad i streckad svart linje i Figur 6.

Grundvattenbildningen beräknades till ca 68000 m^3/år för magasinet i vilket Lindholmens Centrums utredningsområde ingår. Detta motsvarar 2,2 l/s i snitt.

Grundvattenbildningen för morän har i beräkningarna antagits vara 225 mm/år, och för lera 20 mm/år (Rodhe et al, 2006). Hårdgjorda ytor har en genomsläpplighet på ca 10%, vilket motsvarar grundvattenbildning till undre magasin i storleksordningen motsvarande den hos lera. Hårdgjorda ytor och mindre områden med ytligt berg har uppskattats ha en bildning på 20 mm/år. Baserat på fördelningen av morän respektive lera har en genomsnittlig grundvattenbildning för området beräknats till ca 80 mm/år. Områdesarean som uppskattats för beräkningarna är 778 000 m^2, varav 67% lera eller berg och 33 % morän.

Beräkning av grundvattenbildning har gjorts genom en uppskattning av magasinutbredningen baserat på topografiska förhållanden, efter vilket procentuella förekomsten av material med hög respektive låg genomsläpplighet har tagits fram

baserat på jordartskartan från SGU. Kvot av låg- respektive höggenomsläppligt material multiplicerades med litteraturvärden för grundvattenbildning i materialen. Detta resulterar i ett gemensamt snittvärde för grundvattenbildning i området, 80 mm/år, med skillnaden i bidrag till grundvattenbildning i de olika material tillgodoräkad för. Områdesarean för magasinet användes därefter för att ta fram grundvattenbildningen för magasinet i m^3/år och l/s.



Figur 6. Grundvattenmagasin med fasta vattendelare markerade i svart heldragen linje, samt rörlig grundvattendelare i streckad svart linje. Rörlig grundvattendelare innebär att grundvattnets strömningsriktning vid linjen varierar beroende på säsong.

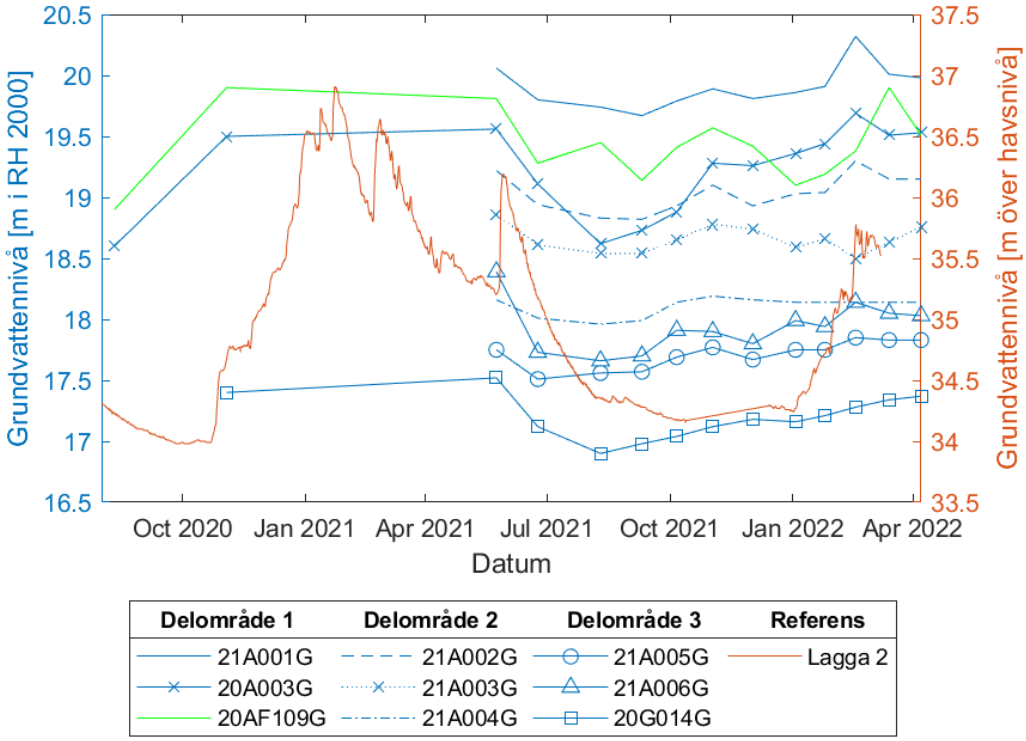
4.4 Grundvattennivåer

I Figur 7 presenteras de mätningar som utförts månatligen mellan 2020-08-11 och 2022-04-07 samt de mätningar som finns tillgängliga från 2020 för tre av grundvattenrören. I figuren är även mätdata från stationen Lagga 2, utanför Sävja, från SGU:s grundvattennät inkluderat för att visa hur nivåerna generellt varierar i undre magasin. Generell trend för de grundvattenmätningar som presenteras i Figur 7 är att magasinen når sina lägsta nivåer under augusti-september. Nivåmätningar mellan november- 2020 till maj-2021 saknas, men baserat på referensdata från SGU är det under våren grundvattenmagasinen är som fullast.

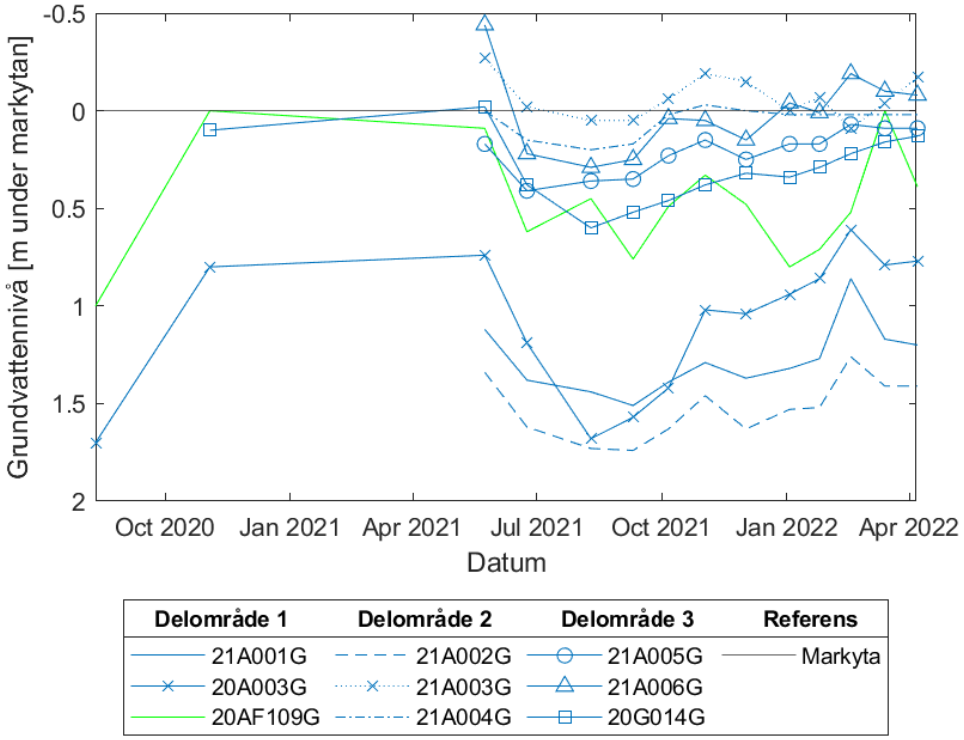
I Figur 8 visas uppmätta grundvattennivåer i meter under markytan. De negativa värdena är resultatet av en trycknivå över markytan (artesiska grundvattennivåer).

Grafen i Figur 9 visar medelnivåer i de olika grundvattenrören satta med avslut i undre magasin. Grundvattenrören är ordnade på x-axeln efter deras placering i utredningsområdet, från vänster till höger motsvarar från norr till söder. Mätningarna indikerar att artesiskt grundvatten främst förekommer i den södra delen av utredningsområdet (delområde 3) men att ytnära grundvattennivåer även återfinns i mitten av området (delområde 2). I norra delen av området (område 1) ligger grundvattennivån djupare, ca 1-1,2 meter under markytan. Under tidsperioden då grundvattennivåmätningar har utförts har nivåerna i grundvattenrören varierat mellan ca +16,9 till +20,1 meter. Vissa rör har varit frusna under de kallare månaderna, varför det under de perioderna inte sker någon nivåförändring i Figur 7 och Figur 8. Anledningen till att vattnet kunnat frysa i vissa rör är att grundvattennivån ligger så ytligt, alltså att grundvattennivån är artesisk, och utsätts för låga utetemperaturer.

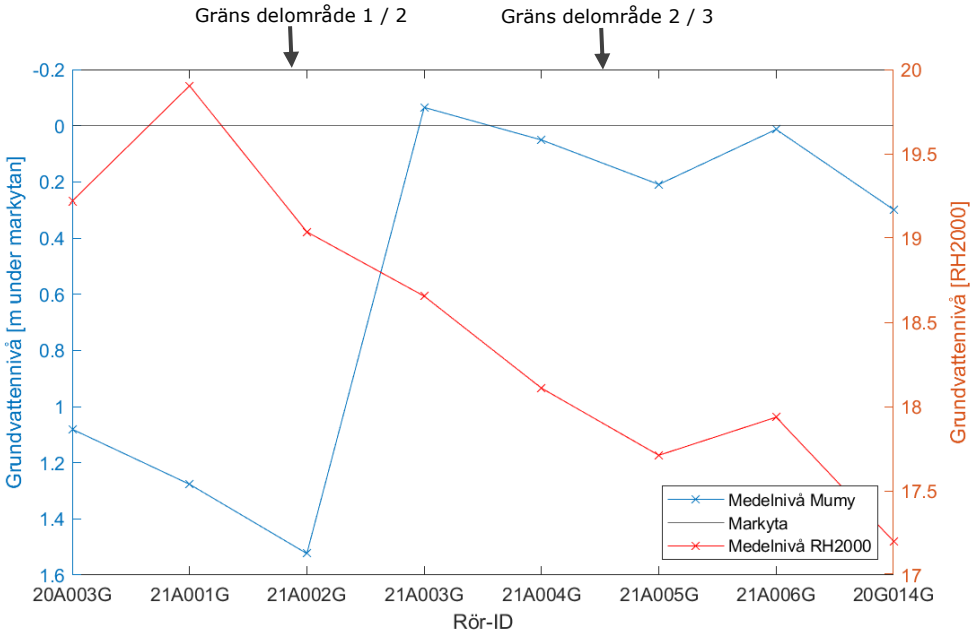
I Figur 7 har referensnivåer från SGUs mätstation Lagga 2, utanför Sävja inkluderats (se orange nivåmätningar). Lagga 2 är ett grundvattenrör satt i samma typ av magasin som det undre magasinet i Lindholmens centrum, vilket gör nivåvariationerna jämförbara med resultatet från mätprogrammet i Lindholmen. Referensnivåerna är inkluderade för att visa hur grundvattennivåerna varierat under året i högre detalj och över en längre period än de månatliga mätningarna som gjorts i Lindholmens centrum.



Figur 7. Grundvattennivåer uppmätta under perioden 2021-08-11 – 2022-04-07 i höjdsystem RH 2000. På vänstra y-axeln är uppmätta grundvattennivåer i Lindholmen. Rör i undre magasin är blå, och rör i lerlagret är grönt. På högra y-axeln är nivåer mätta i stationen Lagga 2 från SGU:s grundvattennät.



Figur 8. Grundvattennivåer uppmätta mellan 2020-08-11 och 2022-04-07. Enhet är i meter under markytan, där 0 på Y-axeln motsvarar markytan. Rör i undre lager är blå och rör i lerlagret är grönt. Marknivå är representerat av en svart linje. Negativa nivåer i grundvattenrör indikerar trycknivå över markytan.



Figur 9. Medelnivåer för i rör i undre magasin för perioden 2020-08-11 till 2022-04-07. Medelgrundvattennivån i grafen är på den vänstra y-axeln i meter under markytan, och markytan representeras av den grå linjen. Grundvattenrören är ordnade på x-axeln efter deras placering i utredningsområdet, från vänster till höger motsvarar från norr till söder. På den högra y-axeln är medelplusnivåer representerade.

4.4.1 Min, medel och maxnivåer

Grundvattenmätningar har genomförts månatligen mellan 2021-05- 24 till 2022-04-07. Mätningar i grundvattenrör installerade 2020 har inkluderats. Medel-, min- och maxnivå för de enskilda rören är presenterade i Tabell 1 och Tabell 2, vilket är de värden som har använts vid interpolering av grundvattennivåer i avsnitt 4.4.2. Negativa värden för grundvattennivåer mätta i meter under markytan indikerar artesiska grundvattennivåer. Grundvattenrören är satta i undre magasin, med undantag för rör 20AF109G som sitter i lerlagret/fyllnadsmaterial. I delområde 1 ligger medelgrundvattennivå på +19,5, vilket motsvarar ca 1 meter under markytan. Medelnivån i delområde 2 är +18,6, ca 0,5 meter under markytan. I delområde 3 är medelnivån +17,6, vilket motsvarar ca 0,2 meter under markytan. Min, medel, max samt amplitud för respektive rör presenteras i Tabell 1.

Tabell 1. Medel, minimum och maximala grundvattennivåer i plusnivåer uppmätta i respektive grundvattenrör mellan 2020-08-11 och 2022-04-07. Spetsnivå är rördjupet angett i RH 2000. Amplituden är skillnaden mellan den högsta och lägsta uppmätta grundvattennivån i respektive rör.

Delområde	Rör-ID	Spetsnivå	Gv-nivå i RH 2000			Amplitud (meter)
			Min	Medel	Max	
Område 1	20A003G	17,29	18,6	19,2	19,7	1,09
	20AF109G	17,67	18,9	19,4	19,9	1,00
	21A001G	19,2	19,7	19,9	20,3	0,65
Område 2	21A002G	15,98	18,8	19,0	19,3	0,48
	21A003G	9,86	18,5	18,7	18,9	0,36
	21A004G	10,43	18,0	18,1	18,2	0,23
Område 3	21A005G	7,25	17,5	17,7	17,9	0,34
	21A006G	11,6	17,7	17,9	18,4	0,73
	20G014G	8,73	16,9	17,2	17,5	0,62

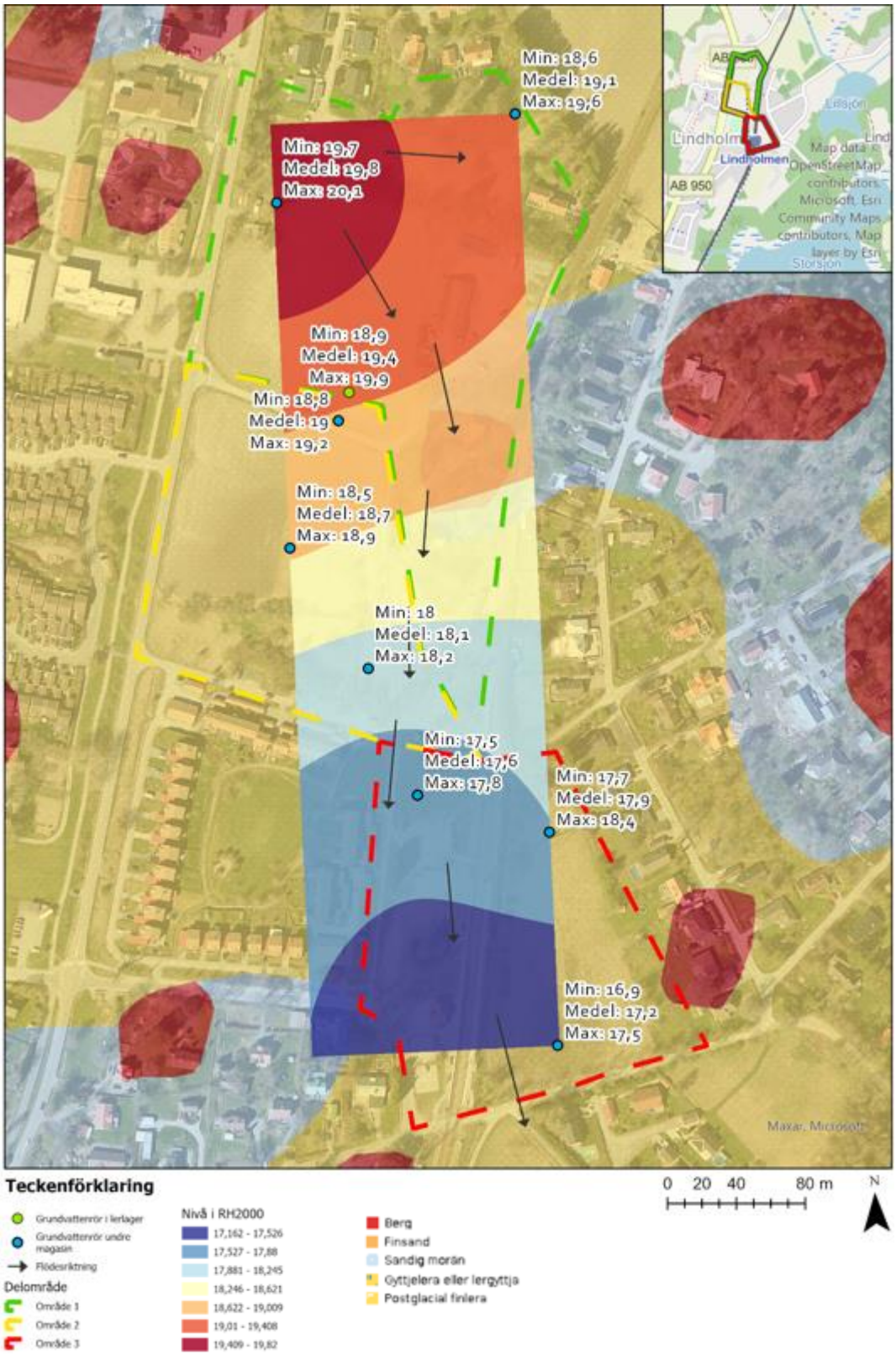
Tabell 2. Medel, minimum och maximala grundvattennivåer i meter under markytan uppmätta i respektive grundvattenrör mellan 2020-08-11 och 2022-04-07. Spetsnivå är rördjupet angett i RH2000. Marknivå i punkten är angiven i RH2000.

Delområde	Rör-ID	Spetsnivå	Gv-nivå i meter under markytan			Marknivå
			Min	Medel	Max	
Område 1	20A003G	17,29	1,7	1,1	0,6	20,3
	20AF109G	17,67	1,0	0,5	0,0	19,9
	21A001G	19,2	1,5	1,3	0,9	21,2
Område 2	21A002G	15,98	1,7	1,5	1,3	20,6
	21A003G	9,86	0,1	-0,1	-0,3	18,6
	21A004G	10,43	0,2	0,1	0,0	18,2
Område 3	21A005G	7,25	0,4	0,2	0,1	17,9
	21A006G	11,6	0,3	0,0	-0,4	18,0
	20G014G	8,73	0,6	0,3	0,0	17,5

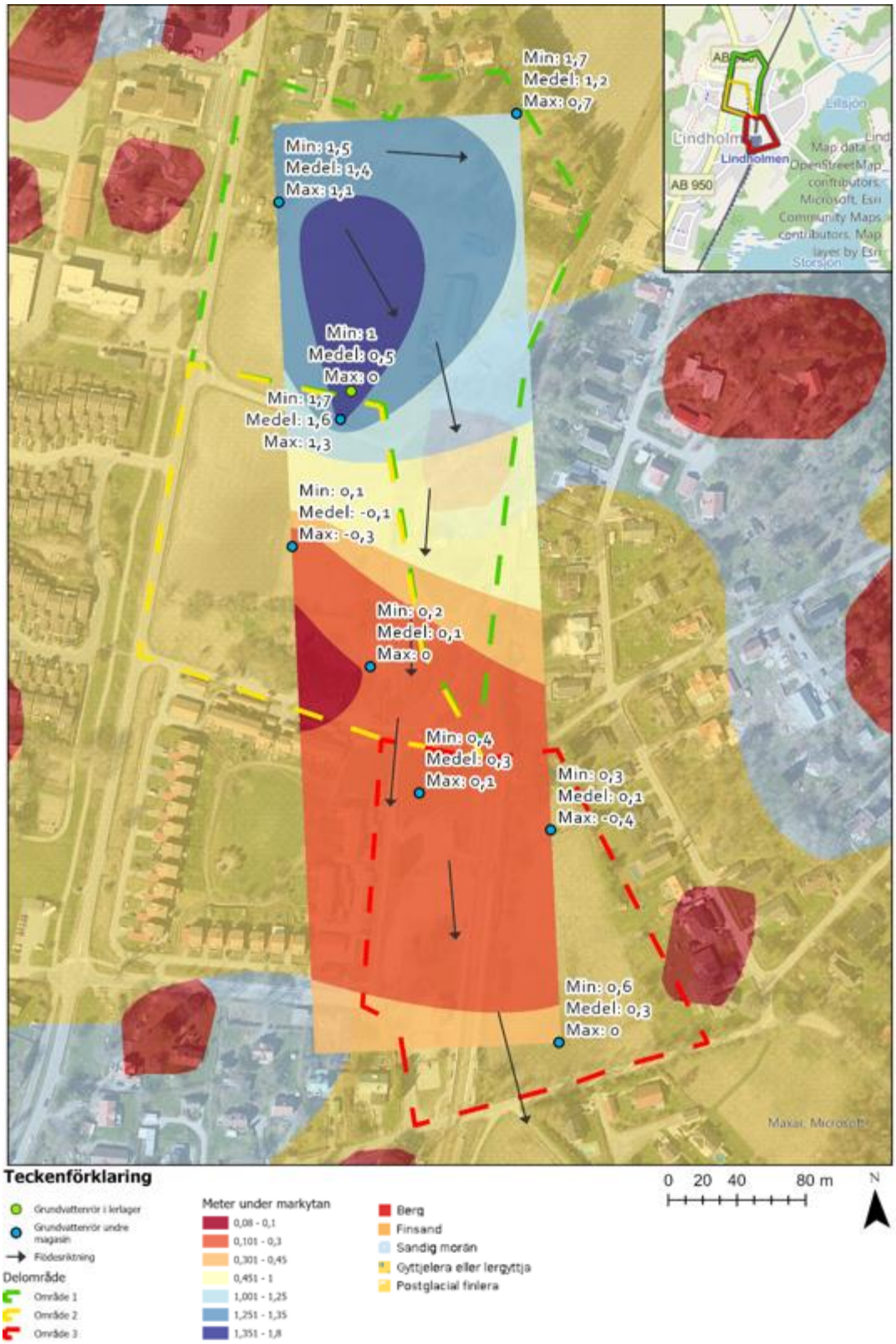
4.4.2 Interpolerad grundvattennivå inom utredningsområdet

Interpolering av uppmätta medelgrundvattennivåer (RH2000) utfördes för att kunna relatera nivåerna i rören till varandra och visa på den generella flödesriktningen. Interpoleringen av grundvattennivåer i Figur 10 visar på högre grundvattennivå i de norra delarna av området och lägre nivå i söder. Då grundvattnet förflyttas från högt till lågt tryck leder det till en generell strömningsriktning riktad från norr till söder men en svag nordostlig strömningsriktning från de nordligaste delarna kan också noteras. Detta innebär att grundvattnet generellt rinner i riktning mot Storsjön (VISS - Storsjön). För att relatera nivåerna till markytan gjordes en interpolering med plusnivåerna omräknade till meter under markytan, vilket presenteras i Figur 11. Interpoleringen i Figur 11 är gjord med medelvärden för grundvattennivåerna uppmätta i rören. Artesiska grundvattennivåer bedöms förekomma åtminstone periodvis i de områden där medelnivå ligger mellan 0 och 0,45 meter under markytan i Figur 11.

Grundvattenytor är interpolerade i ArcGIS Pro med interpoleringsmetoden kriging. För att få ett representativt resultat har endast rör i undre magasin använts.



Figur 10. Karta som visar interpolerad grundvattennivå (RH 2000) mellan grundvattenrören där mätningar i undre magasin genomförts. Interpoleringen är gjord med medelvärden i höjdsystem RH 2000. Högst nivå är mörkröd, och lägsta nivå är mörkblå. Svarta pilar indikerar bedömd flödesriktning baserat på medelvärden. Under vissa perioder på året är flödesriktningen lokalt annorlunda, främst i nordöstra delen av delområde 1 där grundvattnets flödesriktning ibland är riktat söderut.

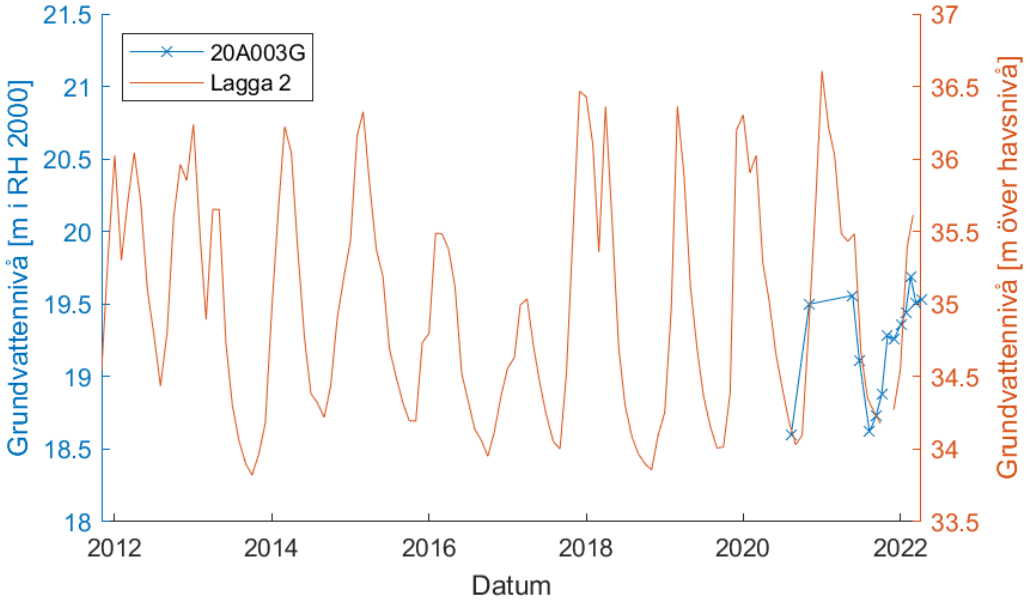


Figur 11. Karta som visar interpolerad grundvattennivå under markytan mellan grundvattenrören där mätningar i undre magasin genomförts. Interpoleringen är gjord med medelvärden för grundvattennivåer som uppmätts i meter under markytan. Högst nivå är mörkröd, och lägsta nivå är mörkblå. Artesiskt vatten förekommer i de områden där medelnivå ligger mellan 0 och 0,45 meter under markytan. Svarta pilar indikerar bedömd flödesriktning.

4.4.3 Uppmätta nivåer jämfört med referensnivåer senaste 10 åren

För att får en bild av hur grundvattennivåer ser ut i området kan grundvatten-mätningarna i utredningsområdet jämföras med en referensserie av grundvattendata från SGU:s grundvattennät. Referensdata täcker en längre tidsperiod än mätprogrammet för Lindholmens centrum, och även om det inte är mätt i direkt anslutning till Lindholmen kan den datan antas vara representativ för de generella trenderna även i Lindholmen.

Stationen med namn "Lagga_2" utanför Sävja sitter i undre magasin, och har använts som referensrör till mätningarna i Lindholmen då båda grundvattenmagasinen bedöms vara av liknande karaktär (se Figur 12). Avståndet mellan stationen och Lindholmens centrum är ca 30 km. Generellt ligger grundvattennivåerna som högst i mars och april, och som lägst i september. Påfyllnad av grundvattenmagasin sker under oktober och november. Baserat på den historiska datan från referensröret Lagga 2 går det att se att 2021 har varit ett relativt blött år, vilket innebär att grundvattennivåer uppmätta i Lindholmen kan anses vara normala eller aningen högre än normalt för området. Under torrår kan grundvattennivåerna vara lägre än vad som mätts i Lindholmen från 2021-2022.



Figur 12. Grundvattennivåer för Lagga 2 i figuren är medelvärden för varje månad under mätperioden 2011-11-18 - 2022-04-07. Nivåmätningar från grundvattenrör 20A003G från Lindholmens centrum är utritade i figuren. Grundvattennivåer anges i meter i höjdsystem RH 2000.

5 Generella risker kopplat till grundvattensänkning

Sänkning av grundvattennivån kan leda till ett antal potentiella konsekvenser, beroende på hur stor sänkningen blir och hur markförutsättningarna ser ut inom påverkansområdet. Det område där grundvattensänkningen blir större än 0,3 m brukar kallas för påverkansområdet. Utvecklingen av Lindholmens centrum kommer sannolikt kräva en temporär eller permanent sänkning av grundvattennivån beroende på vilka konstruktioner och schaktdjup som väljs. Bland annat kan det förutsättas att husgrundläggning utformas med dränering och i de fall grundvattnets trycknivå är högre än dräneringsnivån kommer permanent grundvattensänkning ske. Tillfällig grundvattensänkning kommer ske vid schaktning under grundvattennivån under entreprenadskedet.

Hårdgörande av ytor i de områden som idag är lera bedöms inte påverka vattenbalansen i området nämnvärt eftersom nederbörd i nuläget inte infiltrerar genom befintligt lerlager i någon större utsträckning, utan grundvattenmagasinet fylls främst på genom nederbörd som infiltrerar i områdets ytterkanter där moränen går i dagen. Vattenbalans och lokal grundvattenströmningsriktning kommer dock påverkas av permanent grundvattensänkning kopplat till där dränering utförs under grundvattennivån. Dränering av grundvatten kommer innebära att grundvattennivån sänks och vattenbalansen minskar med samma mängd som leds bort via dräneringen. Omfattning på grundvattenpåverkan kommer främst bero på valt dräneringsdjup i förhållande till grundvattennivån.

En avsänkning av grundvattennivån i undre magasinet kan påverka stabiliteten i lerjorden ovanför då vattentrycket i jordlagret förändras, vilket kan leda till att sättningar uppstår i marken, som i sin tur kan påverka befintliga byggnader, spår och ledningar. Sättningarnas omfattning varierar beroende på lerans mäktighet och grundvattensänkningen (belastningen) den utsätts för, vilket är varför det i det geotekniska PM (AFRY, 2020b) har gjorts bedömningen att storleken på eventuella sättningarna kommer att vara störst i den södra delen av området.

Ingrepp som leder till en förändring av grundvattnets strömningsriktning (till exempel bortledning av grundvatten) kan leda till att eventuella föroreningar i marken mobiliseras i riktning mot området där grundvattensänkning sker vilket kan påverka vattenkvaliteten längs transportsträckan och vid länsvattnets utsläppspunkt. I samband den övergripande markmiljöundersökningen som genomfördes av AFRY (2020a) togs jord- och grundvattenprover vilket indikerade att vissa föroreningar förekommer i marken och grundvattnet. Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) har påträffats i tre jordprover men det var svårt att fastslå källan till dessa. PAH påträffades även i ett grundvattenprov i delområde 1.

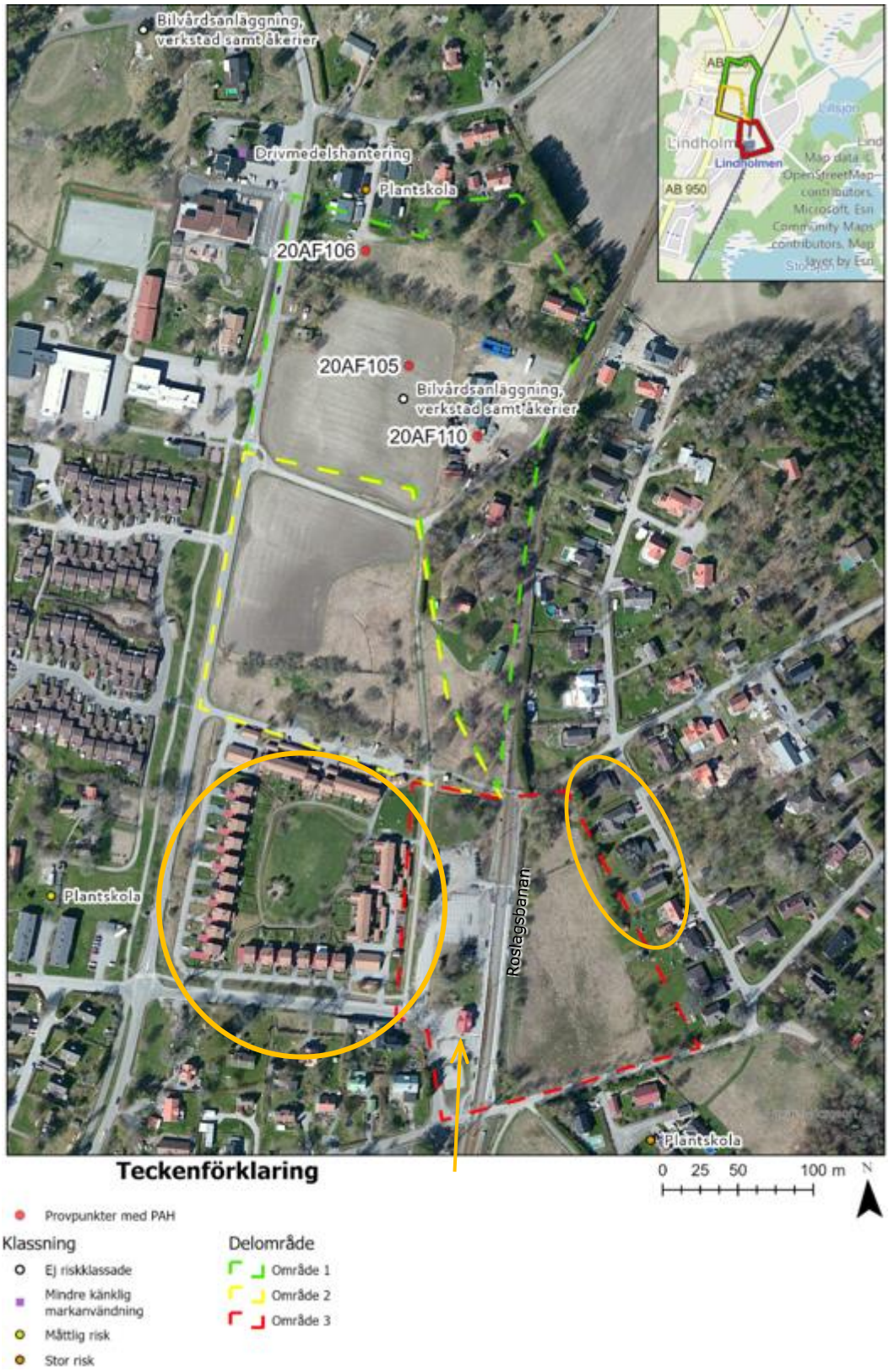
Eventuella dricksvattenbrunnar skulle kunna påverkas av avsänkta grundvattennivåer med avseende på tillrinning och möjlig uttagsmängd, beroende på om dess placering ligger innanför påverkansområdet. Baserat på SGU:s brunnsarkiv finns det dock inga registrerade enskilda dricksvattenbrunnar inom utredningsområdet eller nedströms i grundvattnets strömningsriktning varför det bedöms vara osannolikt att påverkan på dricksvattenbrunnar kommer ske. Ingen påverkan på effekten hos energibrunnar sker till följd av en grundvattenavsänkning i jord då energibrunnar är borrade djupt i berget.

Växtlighet med djupt gående rotsystem som får majoriteten av sin vattenförsörjning av grundvatten skulle kunna påverkas negativt av en avsänkning. Detta då grundvattennivån kan hamna djupare än rotsystemen vid en grundvattensänkning.

5.1 Identifierade riskobjekt

Specifika riskobjekt kopplat till sättningar till följd av grundvattensänkning är befintliga byggnader och infrastruktur byggda på leriga jordarter. Exakt hur stor risken är varierar från objekt till objekt beroende på markförhållanden, grundläggning, grundvattensänkningens storlek och hur länge grundvattensänkning sker. Troliga riskobjekt kopplat till sättningar är bostadshusen väster om den södra delen av utredningsområdet, stationshuset och Roslagsbanan i Figur 13. Baserat på inkommet underlag från SL är grundläggningen vid utredningsområdet troligen packad fyllning under plattformar samt stödmur på sidan mot spåren. Detta är dock inte tillräckligt för att kunna utesluta risk för sättningar till följd av en grundvattenavsänkning.

Det finns riskobjekt i form av tidigare plantskolor och drivmedelshantering, samt befintliga bilvårdsanläggningar kopplat till potentiell grundvattenförorening inom och i närområde till utredningsområdet (se Figur 13). Risken utgörs av potentiell spridning av befintliga föroreningar från dessa objekt i samband med ingrepp som förändrar grundvattnets flödesriktning. Dessa riskobjekt är klassade som mindre känslig markanvändning, måttlig och stor risk. De två bilvårdsanläggningarna är ej riskklassade.



Figur 13. Riskobjekt i anslutning till utredningsområdet. Orange cirkel indikerar område med bostadshus som bedöms kunna vara riskobjekt avseende sättningar beroende på grundläggning. Orange pil visar ett stationshus som bedöms vara riskobjekt ifall sättningar sker. Även roslagsbanan kan vara ett riskobjekt ifall sättningar sker. Riskobjekt för förorenade områden är markerade med respektive riskklassning (Källa: LST Stockholm). Röda cirklar indikerar punkter där PAH-förorening upptäckts vid provtagning.

5.2 Riskbedömning kopplat till grundvattensänkning

I Tabell 3 sammanfattas huruvida risk bedöms föreligga för respektive risktyp och hur detta kan hanteras.

Tabell 3: Sammanfattning och bedömning av risker kopplat till grundvattensänkning och grundvattenbortledning i Lindholmen

Typ	**Aktuell risk i Lindholmen**	**Kommentar**
Sättningar	Ja, i driftskedet	Det föreligger risk för sättningar under driftskede då grundvattenavledning sker via dränerande lager under grundläggningsplattor för byggnader. Sättningsrisk i driftskede uppstår även i samband med tillkommande laster från uppfyllnadsmaterial. Risk för sättningar under entreprenadskedet bedöms vara låg eftersom sättningar vanligen utvecklas över flertalet månader.
Föroreningsspridning	Ja	Mobilisering av befintliga föroreningar kan ske via grundvattenbortledning. Ytterligare provtagning rekommenderas för att ytterligare utreda omfattning av föroreningar i grundvattnet. Mobilisering kan ske om grundvattenströmningsriktningen förändras. De bedömda föroreningskällorna är då de provtagna punkter och potentiellt förorenade objekten som visas i Figur 13.
Påverkan på brunnar	Nej	Inga dricksvattenbrunnar finns i närområdet enligt underlaget. Energibrunnar påverkas inte av grundvattensänkning i jord.
Påverkan på växtlighet	Ja, främst i driftskedet	Eventuell växtlighet som får sitt vatten från utströmmande grundvatten (främst aktuellt i delområde 3) kan torka ifall grundvattennivån sänks till lägre nivå än rötterna når.

6 Rekommendationer

Husgrundläggningsrekommendation för delområden enligt Figur 5 har angetts i PM Geoteknik (AFRY, 2020b).

6.1 Grundläggning

Med grundläggningsnivå menas husgrundens lägsta nivå. För bedömning av grundläggningsnivå har även beaktas utrymme för isolering och dränering under byggnaders bottenplattor. För bedömningar nedan har detta utrymme antagits till i storleksordningen 0,4 meter.

6.1.1 Delområde 1 – norra och östligaste delen

Delområdet bedöms som mest lämplig för planerad bebyggelse när det gäller dess grundläggningsförhållanden.

I detta delområde rekommenderas grundläggning av byggnader med platta på packad fyllning av sprängsten sedan befintlig jord och organiskt material skiftats ut. Alternativt utförs grundläggning med plintar på berg eller med korta pålar.

Det är inte lämpligt att bygga källare eller underjordsgarage eftersom det förkommer höga grundvattennivåer i området.

Högsta uppmätta grundvattennivåer varierar mellan +19,2 och +20,1 vilket motsvarar 1,1-1,3 meter djup under markytan och 0,7 meter djup under markytan i den nordligaste delen. För byggnader utan källare bedöms grundläggningsnivån kunna väljas högre än maximalt uppmätta grundvattennivåer utan större förändringar av marknivån eller risk för dränering av grundvatten. Detta innebär att grundläggnings-nivån för bottenplattor kan läggas i nivå med befintlig marknivå, ca +20,3, i den nordöstra delen. I den nordvästra delen kan grundläggningsnivån väljas över nivå ca +20,9 att jämföras med befintlig marknivå ca +21,2. I södra delen kan nivån väljas över ca + 19,9 att jämföras med befintlig marknivå ca + 20,5. En höjdsättning av marken som innebär uppfyllnader på lera behöver studeras för att bestämma behov av geotekniska åtgärder med hänsyn till sättningar.

6.1.2 Delområde 2 – mellersta delen

Detta delområde bedöms som mindre lämpligt ur geoteknisk synpunkt jämfört med delområde 1, men lämpligare än delområde 3.

Väster om befintlig gc-väg rekommenderas planerad bebyggelse att grundläggas med pålar. Öster om befintlig gc-väg rekommenderas planerad bebyggelse att grundläggas med platta på packad fyllning av sprängsten sedan befintlig lera utskiftats.

Det är inte lämpligt att bygga källare eller underjordsgarage eftersom grundvattennivåerna är höga och artesiskt grundvatten förekommer inom området.

Högsta uppmätta grundvattennivåer varierar mellan +18,2 och +19,2 vilket motsvarar 1,3 meter djup under markytan i den norra delen och 0,3 meter över markytan i den centrala delen samt i nivå med markytan i den södra delen. Grundläggning vid marknivå kommer innebära en bortledning av grundvatten eftersom det förekommer höga grundvattennivåer. För att inte riskera att grundläggningen verkar dränerande skulle grundläggningsnivån behöva ligga 0,7 meter och 0,4 meter över nuvarande mark i den centrala respektive södra delen. Detta motsvarar nivå ca +19,3 i centrala delen och ca +18,6 i södra delen. I annat fall kan grundkonstruktionen behöva

utformas med vattentät konstruktion eller att det sker en permanent avsänkning av grundvattennivån.

Höjdsättning av marken som innebär uppfyllnader behöver studeras för att bestämma lämpliga geotekniska åtgärder med hänsyn till sättningar. Vid eventuell uppfyllnad av marken uppkommer sannolikt sättningar vilka måste beaktas vid ledningsanslutningar till pålade hus och vid entréer och uteplatser. Det ska även noteras att en avsänkning av grundvattennivå innebär en mindre lastökning i jorden som beroende på lerans kompressionsegenskaper också kan leda till utveckling av sättningar.

6.1.3 Delområde 3 – södra delen

Delområdets norra och östra del har bedömts som minst lämpligt för exploatering. Eventuella byggnader inom dessa delar skulle behöva grundläggas på spetsbärande pålar på grund av kohesionsjordens relativt stora mäktighet. Det är inte lämpligt att bygga källare eller underjordsgarage eftersom grundvattennivåerna är höga och artesiskt grundvatten förekommer inom området. Det skulle vid konstruktioner under grundvattennivån krävas permanent avledning av grundvattnet alternativt vattentät konstruktion.

Inom delområdet på västra sidan om spåret, planeras för centrum, park, torg och parkeringsytor där det idag finns ett mindre stationshus med hårdgjorda ytor för parkering och trafik. Inom dessa delar finns inga kända geotekniska undersökningar. Med ledning av SGU uppskattas jorden bestå av fyllning på lera. Grundvattennivån bedöms preliminärt ligga nära markytan (se Figur 11) vilket skulle innebära att husgrundläggning bör ske ytligt. För bestämning av grundläggningsalternativ och grundläggningsnivå erfordras kompletterande geoteknisk undersökning.

Högsta uppmätta grundvattennivå ligger på +17,8 nordväst om spåret vilket motsvarar 0,1 meter djup under nuvarande mark. Enligt detaljplan (Figur 2) planeras en damm med botten på nivå +17,8 inom denna del. Med hänsyn till grundvattennivån och risk för omgivningspåverkan rekommenderas att dammen utformas med tät botten.

Högsta uppmätta grundvattennivåer varierar mellan +17,5 och +18,4 öster om spåret vilket motsvarar 0,4 meter över markytan i norra delen och i nivå med markytan i den södra delen. På västra sidan kommer geotekniska åtgärder att erfordras för planerad parkeringsyta i den södra delen. Nivån för överbyggnaden måste läggas över grundvattennivån och med hänsyn till eventuell dränering av området. Höjdsättning av marken behöver studeras för att om möjligt höja marknivån och bestämma geotekniska åtgärder med hänsyn till sättningar. I en zon närmast järnvägen bör förutsättas att befintlig mark ska behållas.

6.2 Schaktning

Schaktning kan utföras i etapper, för att minska den temporära grundvattenpåverkan jämfört med stående öppna schakt under hela byggperioden. Etappschaktningen innebär att ett schakt öppnas och arbetet färdigställs, vartefter schaktet återfylls innan man går vidare till nästa schakt.

Det finns risk för hydrauliskt grundbrott – bottenupptryckning – om ovanliggande lerlager grävs ut då motvikten till grundvattentrycket minskar. Detta kan utgöra ett problem under schaktning och utgrävning av exempelvis dagvattendammar. Om man schaktar bort lera från delområde 2 och 3 kan schaktbotten bli instabil eller luckras upp. För att motverka detta kan botten belastas så att upptrycket balanseras. För

byggskedet kan schaktbotten stabilieras genom temporär trycksänkning i underliggande jord alternativt med tätspont.

Rekommendationen är att göra beräkningar för att veta hur mycket lera som måste vara kvar för att behålla en stabil botten. Detta för att veta hur djupt det går att anlägga exempelvis dagvattendammar och hur stabila schakten under entreprenadskedet kommer vara.

Schakt för VA-ledningar med normalt installationsdjup 2-3 meter bör genomföras inom temporär tätspont för att minimera påverkan på grundvattennivåer och därmed behov av grundvattensänkning samt av stabilitetsskäl.

Lämplig hantering av schaktvatten bör beslutas om i miljöutredningen som bör genomföras. Risk för föroreningsspridning under entreprenadskedet kan minimeras i de områden där det förekommer föroreningar genom att använda tätspont för att motverka inläckage av grundvatten till schakten.

6.2.1 Uppfyllnad och höjdsättning

Uppfyllnader kan leda till sättningar och stabilitetsproblem på grund av förekomsten av flera meter lös lera. Höjning av marknivån utan åtgärder inom delområde 2 och 3 kan endast ske om kompressionsegenskaperna så tillåter. Bedömningen är att markens bärighet inom dessa områden behöver förstärkas, till exempel med KC-pelare, vid en höjning av marknivån.

Det finns möjlighet att bildning av ett öppet grundvattenmagasin kan ske ifall lerlagret skiftas ut och byts ut mot ett mer genomsläppligt material. Anledningen till detta är att lerlagret idag ligger som ett ”lock” ovan moränen. Om lerlagret grävs bort kan det nuvarande undre grundvattenmagasinet komma i kontakt med atmosfärstrycket och grundvattenytan följaktligen stiga närmare markytan. Detta medför att det kan bli stående vatten i den utskiftade jorden. Om leran bara schaktas bort delvis, alltså att lagret består, fast tunnare, kommer troligen ett övre grundvattenmagasin bildas i fyllnadsmaterialet ovan det kvarvarande lerlagret.

Rekommendationen är därför att ta hänsyn till högt grundvatten vid fortsatt projektering.

6.3 Vattenverksamhet

Grundregeln är att tillstånd för vattenverksamhet enligt miljöbalken 11 kap 9 § alltid krävs för bortledning av grundvatten. Undantag från tillståndsplikt enligt 11 kap 12§ kan dock åberopas ifall det är uppenbart att ingen skada på allmänna eller enskilda intressen föreligger.

AFRY bedömer efter geohydrologisk studie att tillstånd för vattenverksamhet krävs då dränering kring byggnader grundlagda på bottenplattor kommer ligga under grundvattennivån i stora delar av området. Detta skulle i dessa fall innebära en permanent avledning av grundvatten, vilket är tillståndspliktigt. Att undvika permanent grundvattenpåverkan bedöms vara svårt, då grundvattennivåer ligger över de grundläggningsnivåer som krävs, varför en tillståndsansökan för vattenverksamhet rekommenderas.

Schaktning i etapper begränsar grundvattenpåverkan under entreprenadskedet, men är inte i sig tillräckligt för att tillståndsansökan för vattenverksamhet ej ska vara berättigad. Etappschaktning konsekvent genom hela entreprenadområdet är dock fördelaktigt ur utförandesynpunkt.

6.4 Kontrollprogram

Det föreligger risk för tillfällig grundvattensänkning samt föroreningsspridning i grundvattnet under entreprenadskedet. Ytterligare utredning kopplat till eventuella föroreningars förekomst och utbredning rekommenderas utföras innan entreprenaden.

Ett kontrollprogram som innefattar provtagning och mätning av grundvattennivåer under och efter entreprenadtiden bör tas fram. Grundvattennivåer kan föreslagsvis mätas en gång per vecka under entreprenad, samt en gång per månad i ett år efter avslutad entreprenad. Uppumpat länsvatten under byggskedet bör omhändertas på lämpligt sätt baserat på vattenkvaliteten och vad som framkommer vid vidare undersökning av föroreningar i jord.

7 Sammanfattande bedömningar

Baserat på den geohydrologiska studien av Lindholmens centrum och fältmätningar av grundvattennivåerna under perioden 2020-08-11 till 2022-04-07 går det att fastställa att det förekommer artesiskt grundvatten, främst i den södra halvan av utredningsområdet (område 2 och 3). Detta stämmer överens med den flödesriktning från norr till söder som påvisas av grundvattennivåmätningarna. Detta indikerar att det södra området är ett utströmningsområde för grundvattnet som generellt rinner från norr till söder. Nivå i rör 20AF109G som sitter i lerlagret ligger aningen högre än närmaste nivåer i undre magasin vilket tyder på att lerlagret i viss utsträckning långsamt dräneras på vatten i nedåtriktning mot moränen. Grundvattenströmningen mot öst i den nordliga delen av utredningsområdet bedöms vara säsongsbaserad, och går under delar av året i sydlig riktning enligt den generella strömningsriktningen i området.

Medelnivåer för grundvatten ligger på +19,5 i delområde 1, vilket motsvarar ca 0,1 meter under markytan. Medelnivån i delområde 2 är +18,6, vilket motsvarar ca 0,5 meter under markytan. I delområde 3 är medelnivån ca +17,6, vilket motsvarar ca 0,2 meter under markytan.

Baserat på referensdata från SGU:s grundvattennät kan det antas att grundvattennivåerna i Lindholmen är som högst under våren och att nivåerna som uppmätts under 2021-2022 motsvarar ett normalår eller aningen högre än ett normalår.

Om leran bara schaktas bort delvis, alltså att lagret består, fast tunnare, kommer troligen ett övre grundvattenmagasin bildas i fyllnadsmaterialet ovan det kvarvarande lerlagret. Om leran schaktas ut och ersätts med fyllnadsmaterial till den grad att underliggande friktionsjord kommer i kontakt med fyllnadsmaterialet kan det undre magasinet tillsammans med fyllnadsmaterialet bilda ett öppet grundvattenmagasin i kontakt med atmosfären. Detta då lerans mothållande tryck försvinner. Den potentiella förekomsten av ett öppet grundvattenmagasin kan utgöra ett problem för de dagvattenlösningar som bygger på infiltration eller fördröjning i mark. Exempelvis om en dagvattendam anläggs under grundvattenytan i ett öppet magasin kommer grundvatten strömma ut i dammen. Det går inte heller att infiltrera regnvatten i redan mättad mark.

Även om planerad byggnation kommer innebära hårdgörande av markytor kommer den generella vattenbalansen inte påverkas nämnvärt av det, då tillrinningen till grundvattenmagasinet sker från ett större avrinningsområde än utredningsområdet för Lindholmens centrum. Grundvattenmagasinet inom utredningsområdet ligger till stor del under ett lager lera, vilken har låg infiltrationskapacitet och transporthastighet. Hårdgörande av markytan bedöms därför inte påverka grundvattenbildningen till grundvattenmagasinet inom utredningsområdet nämnvärt eftersom grundvattenbildningen genom leran i dagsläget är begränsad. Vattenbalans och lokal grundvattenströmningsriktning kommer dock påverkas av permanent grundvattensänkning kopplat till där dränering utförs under grundvattennivån. Omfattning på grundvattenpåverkan kommer främst bero på valt dräneringsdjup i förhållande till grundvattennivån.

Grundläggning av byggnader under marknivå, även om relativt ytligt, kommer på grund av de höga grundvattennivåerna i utredningsområdet kräva någon form av dränering. Detta skulle där grundvattenytan ligger nära marknivån innebära en permanent avledning av grundvatten och innefattas därmed av vattenverksamhet.

Bedömningen är därför att en tillståndsansökan för vattenverksamhet bör göras. Inför tillståndsansökan bör påverkansområde utredas både för drift och för entreprenadskedet.

Bedömningen är att det föreligger viss risk att föroreningar mobiliseras när grundvatten leds bort, även då avledningen sker under en begränsad period. Uppföljande provtagningar för att utreda omfattning av spridning bör genomföras. Risken för föroreningsspridning kan minimeras genom att använda tätspont vid schaktning, vilket förhindrar inläckage av grundvatten till schakten.

Beroende på utbredning och storlek på eventuell avsänkning av grundvattennivån finns risk för sättningar i befintliga byggnader och infrastruktur. Risken för sättningar bedöms vara högst i anslutning till delområde 3 och södra partiet av delområde 2, där artesiskt grundvatten påträffas. Risken är främst kopplat till permanent grundvattensänkning. Bedömningen är att det inte finns någon större risk för sättningar kopplat till tillfällig grundvattensänkning från schaktning under byggskedet. För att klarlägga risker behöver jordens hållfasthet och kompressionsegenskaper undersökas.

8 Fortsatta arbeten

Rekommenderade fortsatta arbeten är följande:

Planeringsstadie:

- Ansökan av tillstånd för vattenverksamhet för bygg- och driftskede enligt rekommendation i denna rapport.
- Systematisk utredning för att undersöka grundvattenpåverkan av detaljplanen, både under entreprenadskede och driftskede. Påverkansområde och konsekvensbedömning för grundvatten ska tas fram. Den systematiska utredningen ska ligga som underlag till tillståndsansökan för vattenverksamhet.
- Beräkningar av bottenupptryckning i schakter och dagvattendammar
- Undersökning av hållfasthetsegenskaper för beräkningar av stabilitet för schakter och uppfyllnader.
- Grundläggning för respektive byggnad måste detaljstuderas och vid behov ska kompletterande geoteknisk undersökning utföras i samband med projektering av byggnader och mark.
- Kompletterande sonderingar för uppskattning av pållängder för grundläggning av byggnader.
- Undersökning av lerans hållfasthets- och kompressionsegenskaper för beräkning av sättningar vid ändringar av marknivån.
- Vidare undersökning av eventuell förekomst av föroreningar i jord och grundvatten.
- Framtagning av kontrollprogram som innefattar grundvattenprovtagning och nivåmätning under och efter entreprenadtiden.
- Framtagning av plan för schaktning.

Under och efter entreprenadskede:

- Genomförande av nivåmätningar och provtagning enligt framtaget kontrollprogram

9 Källor

AFRY. (2020.a.). *Översiktlig miljöteknisk undersökning av fastigheterna Lindholmen 5:78 och 5:88 samt del av planområdet Lindholmen C i Vallentuna kommun.*

AFRY. (2020.b.). *Lindholmen Centrum, Vallentuna. PM Geoteknik.*

Rohde. A, Lindström. G, Rosberg. J, Pers. C. (2006). *Grundvattenbildning i svenska typjordar – översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell*. Uppsala universitet. ISSN 1400-1055.

Sveriges geologiska undersökning (SGU). *Kartvisaren – Brunnar*. Tillgänglig: https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-brunnar.html

Sveriges geologiska undersökning (SGU). *Kartvisare och diagram för mätstationer.* Tillgänglig: https://www.sgu.se/grundvatten/grundvattennivaer/matstationer/

Vatteninformationssystem Sverige (VISS). Lillsjön. Tillgänglig: https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA47312612

Vatteninformationssystem Sverige (VISS). Storsjön. Tillgänglig: https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA63615285#pagemodule25

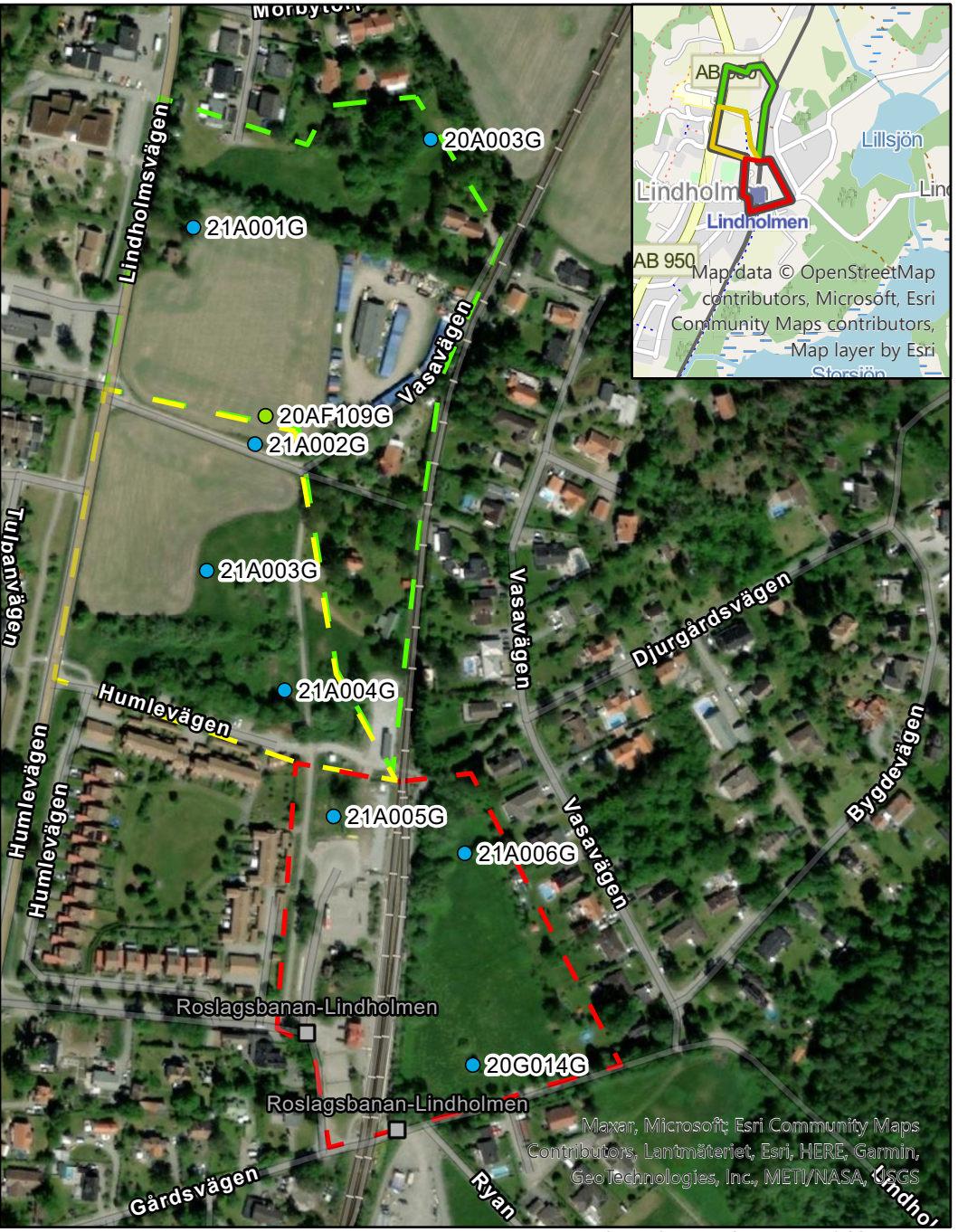
Vatteninformationssystem Sverige (VISS). Lindholmen grundvattenförekomst. Tillgänglig: https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA59717382

Vatteninformationssystem Sverige (VISS). Garnsviken. Tillgänglig: https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA96238459

Vatteninformationssystem Sverige (VISS). Trälhavet. Tillgänglig: https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA80139110

Vatteninformationssystem Sverige (VISS). Åkerströmmen – Kyrkån: Tillgänglig: https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA18469663

Vatteninformationssystem Sverige (VISS). Åkerströmmen – Husaån. Tillgänglig: https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA74618866



Teckenförklaring

0 35 70 140 m

N

- Grundvattenrör i lerlager
- Grundvattenrör i undre magasin

Delområde

- Område 1
- Område 2
- Område 3

PM Geohydrologi

Bilaga 1 - Grundvattenrör

Project-ID: 799974

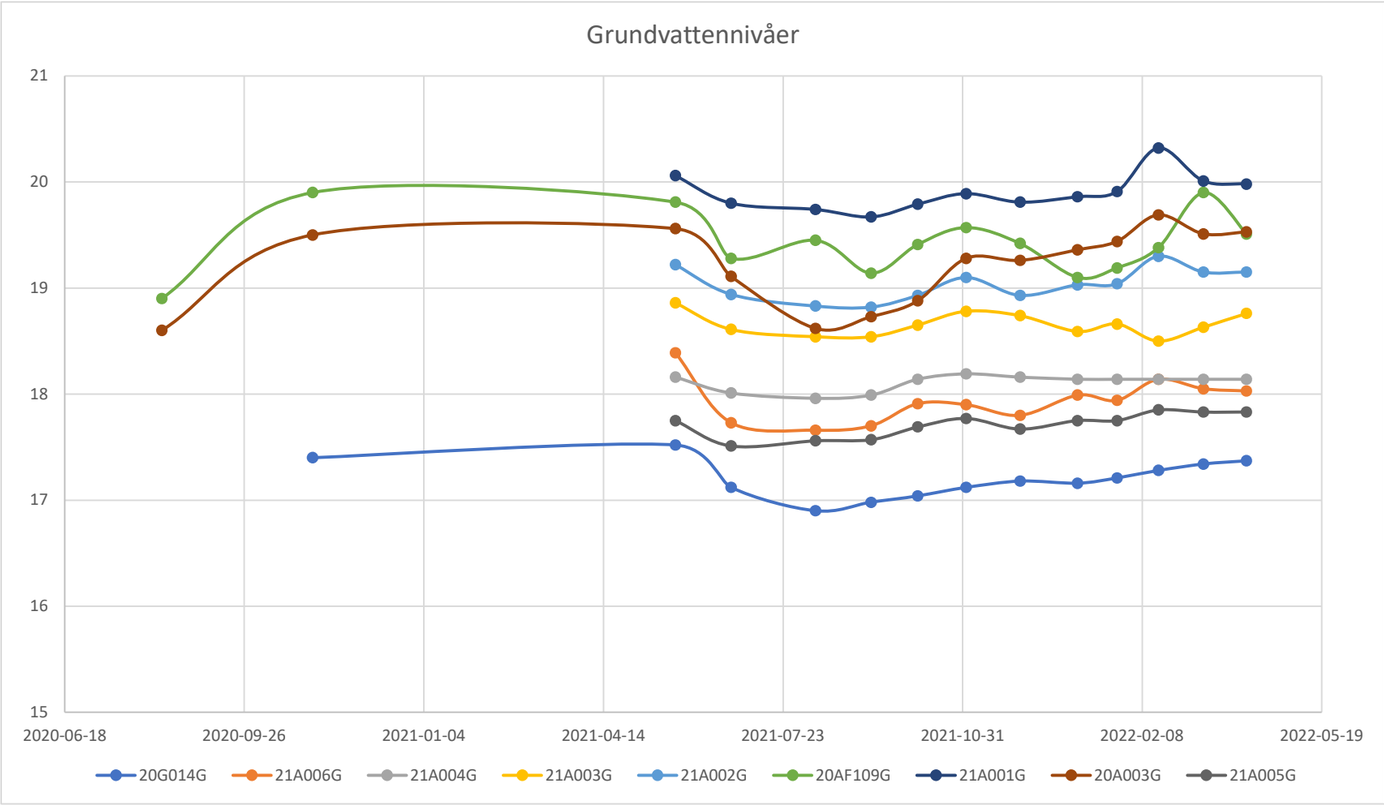
PM Geohydrologi Projekt-ID: 799974

Bilaga 2 - Grundvattenmätningar

Grundvattennivåer uppmätta inom ramen för geohydrologisk studie av Lindholmens centrum
Nivåer angivna i RH 2000 och SWEREF99 18 00

Grundvattennivåer

Rör-ID:	20G014G	21A006G	21A005G	21A004G	21A003G	21A002G	20AF109G	21A001G	20A003G
Datum									
2020-08-11							18,9		18,6
2020-11-03	17,4						19,9		19,5
2021-05-24	17,52	18,39	17,75	18,16	18,86	19,22	19,81	20,06	19,56
2021-06-24	17,12	17,73	17,51	18,01	18,61	18,94	19,28	19,8	19,11
2021-08-10	16,9	17,66	17,56	17,96	18,54	18,83	19,45	19,74	18,62
2021-09-10	16,98	17,7	17,57	17,99	18,54	18,82	19,14	19,67	18,73
2021-10-06	17,04	17,91	17,69	18,14	18,65	18,93	19,41	19,79	18,88
2021-11-02	17,12	17,9	17,77	18,19	18,78	19,1	19,57	19,89	19,28
2021-12-02	17,18	17,8	17,67	18,16	18,74	18,93	19,42	19,81	19,26
2022-01-03	17,16	17,99	17,75	18,14	18,59	19,03	19,1	19,86	19,36
2022-01-25	17,21	17,94	17,75	18,14	18,66	19,04	19,19	19,91	19,44
2022-02-17	17,28	18,14	17,85	18,14	18,5	19,3	19,38	20,32	19,69
2022-03-14	17,34	18,05	17,83	18,14	18,63	19,15	19,9	20,01	19,51
2022-04-07	17,37	18,03	17,83	18,14	18,76	19,15	19,51	19,98	19,53

Rörplacering

Rör-ID	X	Y	Z (Mark)	Z (Rörtopp)	Z (Spets)
20G014G	156223,99	6607724,11	17,5	18,5	8,73
21A006G	156224,87	6607872,97	17,95	19,69	11,6
21A005G	156149,24	6607872,97	17,92	19,27	7,25
21A004G	156123,99	6607947,95	18,16	19,46	10,43
21A003G	156123,99	6607947,95	18,59	19,87	9,86
21A002G	156059,61	6608114,30	20,56	21,99	15,98
20AF109G	156120,08	6608108,67	19,9	21,14	17,67
21A001G	156082,93	6608220,71	21,18	22,23	19,2
20A003G	156223,82	6608265,91	20,3	21,3	17,29