



Nr U 6720
Maj 2023

Karst- och blekebildning

Underlagsrapport för
miljökonsekvensbeskrivningen av
Klinthagen expansion III

På uppdrag av Nordkalk AB

Ardo Robijn



Författare: Ardo Robijn
På uppdrag av: Nordkalk AB
Rapportnummer U 6720

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2023
IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

| | | |
|-------|---|---|
| 1 | Inledning | 4 |
| 1.1 | Bakgrund | 4 |
| 1.2 | Litteraturunderlag | 4 |
| 2 | Bleke | 5 |
| 3 | Karst på Gotland | 6 |
| 4 | Svar på frågorna..... | 8 |
| 4.1.1 | Kan bleke <i>enbart</i> bildas i närvaro av utströmmande grundvatten? | 8 |
| 4.1.2 | Kan grundvatten med nödvändiga egenskaper <i>enbart</i> bildas under långsam transport genom karststrukturer? | 8 |
| 4.1.3 | Är karst som är observerbar på ytan <i>alltid</i> djupgående?..... | 8 |
| 5 | Referenser..... | 9 |

1 Inledning

Följande utredning har genomförts av IVL Svenska Miljöinstitutet AB på uppdrag av Nordkalk AB som en del av den specifika miljöbedömningen av Klinthagentäkten expansion III. Nordkalk har brutit kalksten i Klinthagentäkten sedan 1987 och vid flera tillfällen erhållit nya tillstånd för täktverksamhet. I expansion III söker Nordkalk tillstånd för fortsatt täkt- och vattenverksamhet i Klinthagentäkten, i huvudsak genom brytning till större djup inom delar av nuvarande täktområde.

Klinthagentäkten ligger i Lärbro socken på norra Gotland, cirka tre kilometer norr om Lärbro och lika långt söder om Storugns. Cirka tvåhundra meter öster om täkten ligger Natura 2000-området Hoburgsmyr. Hoburgsmyr är en av norra Gotlands största opåverkade agmyrar och har mycket stora naturvärden.

Den här litteratursammanställningen syftar till att få en kunskapsöversikt och avgöra om

1. bleke *enbart* kan bildas i närvaro av utströmmande grundvatten,
2. grundvatten med nödvändiga egenskaper *enbart* kan bildas under långsam transport genom karststrukturer och
3. om karst som är observerbar på ytan *alltid* är djupgående.

Den här litteratursammanställningen syftar däremot inte till att bedöma täktverksamhetens påverkan på Hoburgs myr, utan enbart stärka kunskapsunderlaget om blekebildning som sådan.

För att systematisk kunna besvara frågorna presenteras först en beskrivning av bildningsprocessen för bleke, därefter presenteras kunskapsläget om karst på Gotland och slutligen besvaras ovanstående frågor.

1.1 Bakgrund

Frågorna om hur bleke bildas och vilka slutsatser man eventuellt kan dra om rådande grundvattensituation utifrån blekeobservationer har väckts under Nordkalks tidigare tillståndsprövningar för Klinthagentäkten på norra Gotland. Täkten gränsar till Natura 2000-området Hoburgs myr. Hoburgs myr är en av Gotlands största agmyrar, med betydande historisk blekebildning. Särskilt Naturvårdsverket har gjort gällande att blekebildningen i myren har avstannat och att det primärt kan förklaras med att täktverksamheten har påverkat grundvattensituationen.

1.2 Litteraturunderlag

De viktigaste rapportunderlagen för frågan kring blekebildning vid gotländska förhållanden är följande:

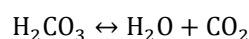
- **Carlsson, 2019, Arendus rapport 2019:34, PM Historien om Hoburgs myr Lärbro socken, Gotland.** Beskriver Hoburgsmyr översiktligt och ger utifrån äldre

kartmaterial en beskrivning av myrens användning och förändring från början av 1900-talet.

- **Carlsson, 2020, Arendus rapport 2020:39, PM Historien om blekejorden i Hoburgs myr Lärbro socken, Gotland.** Beskriver i detalj förändringen i synliga blekeområden utifrån flygbilder från 1933, 1960, 1975 samt 2007 för Hoburgsmyr, Hemmorvät, Rövätar och Bojsvätar.
- **Erlström, Dahlqvist, Sopher och Hjärne, 2022, SGU-rapport 2022:04, Karaktärisering av karst på Gotland – en pilotstudie på mellersta Gotland.** Är en gedigen sammanfattning av kunskapsläget, geologiska förutsättningar samt vilka tidigare kartläggningar av karsthällmark och karst som har genomförts på Gotland. Rapporten redovisar även ett pilotprojekt för detaljerad kartering på mellersta Gotland och hydrogeologisk analys av vattennivåmätningar och nederbörd. Rapporten belyser kunskapsluckorna och beskriver frågor kring karststrukturers utbredning samt funktion i samspel med grundvatten.
- **Thorsbrink, Dahlqvist, Holgerson och McCarthy, 2016, SGU-rapport 2016:11, Geologins betydelse för grundvattenberoende ekosystem.** Beskriver hur de geologiska förutsättningarna spelar roll för grundvattenberoende ekosystem.
- **Askling, 2021, PM Natura 2000, Calluna AB.** Beskriver bleke och blekebildning i relation till Natura 2000-perspektiv som underlag till Cementas tillståndsansökan.
- **Mild och Jacobson, 2015, Naturvårdsverket, Kompletterande undersökning år 2015 av ytnära geologi, hydrologi och biologi i Bunge Ducker 1:64 och omgivande Natura 2000-områden.** Beskriver utförligt förekomst av karst och bleke i ett område cirka 10 km nordost om Hoburgsmyr. Arbetet är omfattande och beskrivande, men saknar vetenskapliga referenser och hänvisning till källor, vilket gör det svårt att utvärdera tolkningar och påståenden som görs i rapporten.

2 Bleke

Bleke är en kalkrik finkornig jordart som är vanligt förekommande på Gotland som sjösediment (Berglund 1982, Svantesson 2008) och som utfällning i våtmarker (Mild och Jacobson 2015, Carlson 2019, Askling 2021). Jordarten bildas när i vatten lösta kalciumjoner (Ca^{2+}) och två vätekarbonatjoner (HCO_3^-) tillsammans bildar kalciumkarbonat (CaCO_3) och kolsyra (H_2CO_3). Kolsyra övergår sedan till gasen koldioxid (CO_2) och vatten (H_2O) (Appello och Postma 2005):



Vid blekebildning sker en utfällning av kalciumkarbonat när balansen i ekvationen förflyttar sig åt höger i den översta ekvationen, vilket sker vid en ökning av temperaturen eller en sänkning av koldioxidtrycket, vilka båda leder till att mindre kolsyra kan hållas i lösning.

Temperaturökningen kan ske när till exempel kallt grundvatten kommer till ytan i en våtmark, vilket leder till att mindre kolsyra kan hållas i lösning och koldioxid övergår till gasform, vartefter

bleke fälls ut. Processen anses ha en begränsad effekt vid de gotländska förhållandena (Askling, 2021).

En sänkning av koldioxidtrycket kan främst ske på två olika sätt. För det första när grundvatten strömmar ut i våtmarken och för det andra när koldioxid tas upp av växtlighet och blågröna bakterier (cyanobakterier) vid fotosyntes. Båda dessa processer spelar stor roll vid de gotländska förhållandena (Askling 2021).

För att utfällning av bleke ska ske krävs det att vattnet har tillräckligt höga koncentrationer av upplöst kalcium. Grundvatten och markvatten i kalkrika områden mätts på kalk när den ovannämnda kemiska jämvikten förskjuts åt vänster, vilket sker om kolsyrakoncentrationen ökar. Det kan ske vid nederbörd, eftersom nederbördsvattnet innehåller koldioxid, samt vid nedbrytning av växtrester och humus, eftersom det frisläpper kolsyra (Erlström m.fl. 2022). Kalciumkarbonat löses sedan upp från de jordlager och berggrunden som nederbördsvattnet rör sig genom. Successivt mätts då mark- och grundvattnet på kalciumjoner (Thorsbrink m.fl. 2016).

För att de rätta kemiska förhållandena för blekebildning ska uppstå krävs både att det finns förutsättningar för att kalciumkoncentrationen är tillräcklig hög i vattnet som kommer ut i våtmarken, samt att förhållandena i våtmarken tillåter utfällning av bleke. Det totala sambandet mellan vattnets ursprung, transportväg och slutligen våtmarkens kemiska och fysikaliska förutsättningar påverkas av:

- klimat (nederbörd och temperatur),
- vegetation (nedbrytning och fotosyntes),
- jordlager,
- topografi,
- hydrologi (ytvatten, infiltration, markvatten, grundvatten)
- berggrunden (kemi, mineralogi, sprickor, lagring)

Sambandet mellan alla dessa faktorer måste tas hänsyn till vid bedömning av förändringar av blekeförekomst i naturen.

3 Karst på Gotland

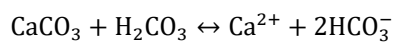
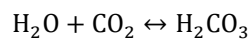
Den vanligaste förekomsten av karst på Gotland går att klassificera som epikarst, vilket betyder ytnära karstskrevor. Dessa karststrukturer bildas genom vittring kring sprickor och upplösning av kalk med hjälp av kolsyra löst i vatten. Förutsättningarna för att karst ska bildas är en karbonatrik, kristallin, sprickig och homogent lagrad kalksten, vilket innebär att det i regel inte bildas karst i områden med mörgel på Gotland. Sprickorna i mörgel har en större lerinnehåll vilket leder till en bättre självläkande förmåga. Karstskrevor förekommer framför allt på områden som ligger högre än 25 m ö.h. där de kalkstensdominerade berggrundsformationerna finns (Erlström m.fl. 2022).

Epikarst är strukturer som bildas i den omättade zonen av nederbördsvattnet och förekommer mest som så kallade *karren* på Gotland (Erlström m.fl. 2022). Karren är en samlingsterm för ytstrukturer från ytliga rännor till skrevor vilka vanligtvis är några decimeter till flera meter djupa. Även andra strukturer som doliner (skålförmade sänkor) och slukhål (vertikala hål som dränerar vatten till djupare lager) är vanligt förekommande epikarst. Djupgående på karststrukturer beror på lagring och lutning i kalkstenen. I vissa områden är epikarstzonen knappt en meter djup och slutar i

underliggande märgelskikt. I andra områden kan karstbildningen sträcka sig flera meter djup och bilda slukhål och grottsystem.

Tidsaspekten spelar också en viktig roll i karstbildningsprocessen. Gynnsamma förutsättningar för karstbildning krävs under tusentals år. På Gotland hade tiden för cirka 8 000 till 5 300 år sedan ett varmare och fuktigare klimat samtidigt som områdena över 25 m ö.h. redan hade rest ur havet med hjälp av landhöjningen. Det är däremot osannolikt att tiden räcker för att förklara förekomsten av de större karststrukturerna på Gotland. Dessutom finns det spår av glacial påverkan på framför allt karrenfält, så kallade limestone pavement vilket tyder på att karstbildningsprocessen påbörjades innan den senaste istiden (Erlström m.fl. 2022).

Karstbildningen sker när koldioxid löses upp och bildar kolsyra (H_2CO_3) i regn- och markvatten vilken sedan löser upp kalciumkarbonatmineralen (CaCO_3) i kalksten enligt samma reaktion som för blekebildning.



Koldioxid som löser sig i vatten till kolsyra har två ursprung. Meteorisk koldioxid som är löst i nederbördsvattnet samt kolsyra som frigörs vid nedbrytning av organiskt material i marken. Enligt Erlström m.fl. (2022) är andelen kolsyra från biologiskt ursprung flera gånger större än det atmosfäriska tillskottet, vilket leder till att sprickor som fylls med växtrester har en snabbare karstbildning. Även organiska jordlager så som torv kan främja karstbildningen. Tjocka jordlager, framför allt av karbonatiska sediment, kan därmed minska karstbildningsprocessen eftersom det infiltrerande vattnet redan mättats på bikarbonat. Det är framför allt i den omättade zonen där majoriteten av upplösningen sker, eftersom jämvikt uppstår mellan bikarbonat och kolsyra i vattnet innan det når grundvattnet. Erlström m.fl. (2022) betonar dock bristen på kunskap och observationer kring karststrukturer under jordlagren på Gotland. Det har genomförts geofysiska mätningar, men dessa har inte verifierats med till exempel borrhningar och grävningar. Karstbildningsprocessen är sammanfattningsvis beroende av gynnsamma förhållanden med avseende på geologi (både tidsaspekten och bergrundskemin), topografi, vegetation, ytavrinning och grundvattenströmning.

Karststrukturers påverkan på den lokala hydrologin och grundvattenbildningen är stor eftersom den hydrauliska konduktiviteten för kalksten är väldigt låg och nästan all vattentransport sker genom sprickor i berggrunden (Erlström m.fl. 2022). Beroende på de lokala förhållandena kan karststrukturer bidra till en snabb avrinning av ytvatten i sluttande terräng, eller, som på Gotland, där terrängen är relativt flack bedöms bidraget främst gynna grundvattenbildning. Hur snabbt det meteoriska vattnet når grundvattnet beror bland annat på den lokala karststrukturen. I vissa fall leder karststrukturen direkt ner till grundvattenytan och infiltrationen genom den omättade zonen går snabbt och obehindrat. I andra fall sker en långsammare infiltration, till exempel om botten på karststrukturen är fylld med sediment. Det finns också möjligheten att det meteoriska vattnet inte kommer ner till grundvattennivån om det till exempel finns tätare märgelskikt, i så fall kan det bildas tillfälliga ytliga grundvattenmagasin.

4 Svar på frågorna

Med stöd i litteraturen besvaras inledande frågorna nedan.

4.1.1 Kan bleke *enbart* bildas i närvaro av utströmmande grundvatten?

Nej. Utfällning av bleke förekommer enligt litteraturen vid såväl utströmmande grundvatten (Mild och Jacobson, 2015, Thorsbrink m.fl. 2016, Askling 2021, Erlström m.fl. 2022), som vid kemiska förändringar i ytvatten genom till exempel biologiska processer (Berglund 1982, Svantesson 2008, Hurt 2013, Askling 2021). Processen som styr blekebildning är att karbonatmättat vatten ändras i sina fysikaliska egenskaper så att den kemiska jämvikten flyttas och kalciumkarbonat bildas och fälls ut. Bildandet av kalciumkarbonat kan ske genom minskat koldioxidtryck, när grund- eller markvatten kommer till markytan (Thorsbrink m.fl., 2016), koldioxidupptag genom fotosyntes (Szramek and Walter, 2004) eller ökad temperatur (Askling, 2021). Blekebildning i sjöar och träsk, där utfällning sker genom kalciumfixering av alger är också vanligt förekommande på Gotland (Svantesson 2008)

4.1.2 Kan grundvatten med nödvändiga egenskaper *enbart* bildas under långsam transport genom karststrukturer?

Nej. De nödvändiga förutsättningarna för att grund- eller markvatten ska karbonatmättas är transport genom kalkhaltigt material. Det kan ske genom karststrukturer, men även genom sediment (Szramek and Walter 2004). Dessutom är tillförseln av atmosfärisk koldioxid begränsad och koldioxiden förbrukas oftast snabbt (Erlström m.fl. 2022) och då kan en tillförsel av biologisk koldioxid eller kolsyra driva upplösning av kalk.

4.1.3 Är karst som är observerbar på ytan *alltid* djupgående?

Nej. Erlström m.fl. (2022) beskriver att karstförekomsten på Gotland framför allt består av epikarst, vilket betyder ytlig karst och beskriver dessa som några decimeter till några meter djupa. Erlström m.fl. (2022) är också tydliga med att det finns många obesvarade frågor kring karstens utbredning på djupet. Det finns många faktorer som påverkar utbredningen av karst på djupet. Den lokala berggrundens egenskaper är viktig för att djupa karst ska bildas. Karst bildas framför allt i mineralogiskt homogen berggrund som biokalkarenit och stromatoporoidkalksten. Märgel och märgelsten innehåller större halter lerpartiklar vilket gör att sprickorna kan självläka och hämma utveckling av karst. Tidsaspekten är en annan viktig faktor för djupa karst ska bildas, där det krävs tusen till tiotusentals år med gynnsamma förhållanden.



5 Referenser

Askling, 2021, PM Natura 2000, Calluna AB.

Berglund, 1982, Beskrivning av fem myrjordsprofiler från Gotland, Rapport 125, Institution för markvetenskap, avdelning för lantbrukets hydroteknik, SLU

Carlsson, 2019, Arendus rapport 2019:34, PM Historien om Hoburgs myr Lärbro socken, Gotland

Carlsson, 2020, Arendus rapport 2020:39, PM Historien om blekejorden i Hoburgs myr Lärbro socken, Gotland

Erlström, Dahlqvist, Sopher och Hjärne, 2022, SGU-rapport 2022:04, Karaktärisering av karst på Gotland – en pilotstudie på mellersta Gotland

Erlström, M., Persson, L., Sivhed, U. & Wickström, L., 2009: Beskrivning till regional berggrundskarta över Gotlands län. *Sveriges geologiska undersökning K 221*, 60 s.

Hurt, 2013, Hydric Soils, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier.

Mild och Jacobson, 2015, Naturvårdsverket, Kompletterande undersökning år 2015 av ytnära geologi, hydrologi och biologi i Bunge Ducker 1:64 och omgivande Natura 2000-områden

Svantesson 2008, Beskrivning till jordartskartan Gotland, Sveriges geologiska undersökningar K 4, 48 s.

Szramek and Walter, 2004, Impact of Carbonate Precipitation on Riverine Inorganic Carbon Mass Transport from a Mid-continent, Forested Watershed, *Aquatic Geochemistry* 10: 99–137.

Thorsbrink, Dahlqvist, Holgerson och McCarthy, 2016, SGU-rapport 2016:11, Geologins betydelse för grundvattenberoende ekosystem

