

PROJEKT ÖRSERUMSVIKEN, VÄSTERVIKS KOMMUN

Vattenomsättning i deponi, sedimentationsbassäng och utfyllnadsområde

Statens geotekniska institut

Dnr: 2-9510-465

Projektledare: Bengt Rosén

Handläggare: Pär Elander, Miljöteknik

Innehåll

1 BAKGRUND	1
2 SLUTSATSER	2
3 GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR	2
4 UNDERSÖKNINGSRESULTAT	3
4.1 Grundvattennivåer och strömningsriktningar	3
4.1.1 Deponin	3
4.1.2 Sedimentationsbassängen	4
4.1.3 Utfyllnadsområdet	4
4.2 Hydraulisk konduktivitet	4
4.2.1 Deponin	5
4.2.2 Sedimentationsbassängen	5
4.2.3 Utfyllnadsområdet	5
5 BERÄKNAD VATTENBALANS	5
5.1 Deponi och sedimentationsbassäng	5
5.2 Utfyllnadsområdet	6

1 Bakgrund

På uppdrag av Västerviks kommun har Statens geotekniska institut (SGI) utfört mätningar av hydraulisk konduktivitet och beräkningar av vattenomsättningen i förorenade markområden vid Örserumsviken.

Västerviks kommun genomför inom ramen för Projekt Örserumsviken en utredning med fördjupad riskbedömning för området kring f d Westerviks pappersbruk. Vid bruket användes returpapper som råvara, bland annat självkopierande papper som innehöll PCB. Under en period användes också fenylykviksilver för slembekämpning i pappersmaskiner och rörledningssystem. Detta fick till följd att de fibrer som släpptes ut med processavloppsvatten från bruket var förorenade med såväl PCB som

kvicksilver. Sådana utsläpp skedde dels direkt till Örserumsviken, dels till en sedimentationsbassäng som utgjordes av en invallad del av den inre delen av viken.

När brukets verksamhet upphörde var kvicksilverproblematiken känd varför en muddring genomfördes av fiber som sedimenterat ute i Örserumsviken. Muddrad fiber avvattades och lades upp i en deponi intill sedimentationsbassängen. När dessa åtgärder genomfördes var dock PCB-förekomsten inte känd. Senare analyser av fisk i Örserumsviken tyder på att vattenområdet idag är belastat av PCB.

Inom industriområdet finns också en utfyllning i vatten med okänt innehåll. Stickprov har visat att även denna fyllning kan innehålla PCB och kvicksilver.

Lägen för industriområdet och de förorenade delområdena framgår av situationsplanen, bilaga 1.

För att klarlägga områdets status ur miljösynvinkel genomförs inom projektet utredningar av bl a förekomsten och spridning av samt risk med PCB och kvicksilverföroreningar inom området. Föreliggande rapport omfattar beräkningar av vattenomsättningen i de förorenade områdena och skall, tillsammans med resultat från mätningar av PCB och kvicksilverkoncentrationer i vattenströmmarna, användas som underlag för beräkningar av föroreningsspridningen med vatten från markområdena (deponi, sedimentationsbassäng, utfyllnadsområde).

2 Slutsatser

Mätningarna har visat att:

- såväl yt- som grundvatten från området avrinner mot Örserumsviken,
- lakvatten från deponin avrinner via sedimentationsbassängen,
- inflödet av vatten till deponi- och sedimentationsbassäng utgörs i huvudsak av nederbördsinfiltration,
- inflödet av vatten till utfyllnadsområdet utgörs av nederbördsinfiltration och inströmning från viken,
- utflödet från deponi och sedimentationsbassäng är ca 7.500 m³ under ett normalår,
- utflödet från utfyllnadsområdet är i storleksordningen 10.000 - 15.000 m³ under ett normalår.

3 Genomförda undersökningar

På land återfinns tre områden som kan misstänkas vara källor för spridning av PCB och kvicksilver:

- deponin med muddrad fiber,
- sedimentationsbassängen som är fylld med fiber och
- utfyllnadsområdet inom vilket återfinns diverse avfall

Inom dessa områden har grundvattennivåerna följts från och med juni månad 1996 genom mätning i öppna rör som installerades i samband med de geotekniska undersökningarna av området (Mark- och Vatteningenjörerna objekt 0883.002 daterad 1996-10-20). Vid avläsningar av grundvattennivåer har även vattennivån i viken noterats. Lägen för mätpunkterna framgår av situationsplan, bilaga 1. Mätningarna har huvudsakligen utförts av Christer Ramström, Västerviks kommun. Under större delen av perioden har mätning skett 1 gång per vecka.

Vidare har mätningar av hydraulisk konduktivitet (genomtränglighet för vatten) utförts i flertalet grundvattenrör samt i fiber i sedimentationsbassängen. Dessa mätningar har utförts som

utströmningsförsök i filterspetsar och utvärderats i enlighet med rekommendationerna i Nordtest Techn report 254.

4 Undersökningsresultat

4.1 Grundvattennivåer och strömningsriktningar

För samtliga mätpunkter redovisas uppmätta grundvattennivåer i diagram 1-4 (bilagor) som en funktion av tiden. En tredimensionell modell av grundvattenytan som erhållits vid interpolering i dataprogrammet Surfer redovisas i figur 1 nedan. Grundvattnet kan antas strömma vinkelrät mot de redovisade nivåkurvorna. Strömningens variation mellan de olika mättillfällena har varit liten.

Figur 1. Grundvattenytans läge beräknad genom interpolering mellan avlästa punkter 1996-06-12.

4.1.1 Deponin

I jordlagren under deponins centrala delar har grundvattenytans trycknivå under hela observationsperioden återfunnits på relativt stort djup under markytan, 5,2-5,5 m, motsvarande nivåerna +0,64 - + 0,96 (RH00). I deponins västra och södra delar är marknivåerna lägre och djupet till grundvattenytan mindre. I de västra delarna har trycknivåerna varierat mellan +0,67 och +0,89 motsvarande djupen 2,3-2,5 m under markytan medan nivåerna i de södra delarna har varierat mellan +0,19 och +0,51 motsvarande 0,4-0,8 m djup under markytan.

Den strömningsbild som erhålls från nivåmätningarna visar att grundvattnet strömmar mot Örserumsviken.

I samband med de geotekniska undersökningarna uppmättes portrycket i de deponerade massorna i deponins centrala delar till en nivå ca 0,5 m över portrycket i underliggande friktionsjord. Bildat lakvatten utsätts alltså för en nedåtriktad gradient. Deponin underlagras i dessa delar dock av täta jordlager varför den huvudsakliga strömningen av lakvatten från dessa delar av deponin förmodligen sker horisontellt ut mot sedimentationsbassängen.

I deponins yttre delar återfinns inga täta jordlager mellan de deponerade massorna och underlagrande grundvattenmagasin. Grundvattenytan når dock relativt högt upp i sedimenten och lakvatten avrinner troligen både genom sedimentationsbassängen, som står i direkt kontakt med avfallsmassorna, och i underlagrande grundvattenmagasin.

4.1.2 Sedimentationsbassängen

I söder övergår deponin i sedimentationsbassängen. Enligt tidigare avvägningar är denna utfylld till nivåer mellan +0,7 och +0,9. Vid de geotekniska undersökningarna uppmättes lägre markhöjder, med nivå +0,6 i samtliga avvägda punkter, vilket tyder på att konsolidering av sedimenten pågår. Området har varit vattensjukt och mer eller mindre översvämmat under större delen av mätperioden vilket tolkats som att grundvattennivån legat i eller nära markytan. Under den långa torrperiod som inträffade under andra hälften av sommaren 1997 sjönk dock grundvattentrycket. I samband med mätningarna av hydraulisk konduktivitet i bassängen, i slusket av torrperioden, konstaterades en fri vattenyta på ett djup av ca 0,3 m under "markytan". Detta innebär att vattennivåerna i sedimentationsbassängen generellt har varit högre än vattennivån i viken, men också högre än de grundvattentryck som uppmättes i friktionsjorden under deponin omedelbart intill sedimentationsbassängen. Skillnaden i trycknivå förklaras av att sedimentationsbassängen liksom delar av deponin underlagras av täta lager av gytta och lera, vilket innebär att kontakten mellan de olika grundvattenmagasinen är begränsad

De uppmätta vattennivåerna i *sedimentationsbassängens vall* har i olika utsträckning samvarierat med vattenståndet i den utanförliggande viken. Sannolikt är omsättningen av vatten i vällen relativt stor p g a den strömning som de varierande vattenstånden innebär. Fyllningen i vällen är dock inhomogen och har varierande hydraulisk konduktivitet vilket medför att dessa förhållandena varierar mellan olika delar.

4.1.3 Utfyllnadsområdet

Fyllningen underlagras till största delen av gytta och lera på friktionsjord. De uppmätta grundvattennivåerna inom området avser främst det övre grundvattenmagasinet i fyllningen. Inom utfyllnadsområdet har grundvattennivåerna varierat mellan -0,43 och +0,63 med de lägsta nivåerna i den södra delen, närmast viken, och vid lågvattenstånd. Motsvarande variationer har uppmätts ett grundvattentrör som placerats nära vattenlinjen men på större djup (rör 108), i ett sandlager under det gytjelager som underlagrar fyllningen. Vattenståndet i viken har varierat mellan nivåerna -0,44 och +0,24. Mätningar i ett tidigare installerat grundvattentrör (rör 500) nordväst om utfyllnadsområdet, vilket upptäcktes i samband med installationen av övriga rör, har dock visat att grundvattennivåerna är avsakta norr om utfyllnadsområdet. Detta innebär att en viss utströmning kan ske även mot norr. Sannolikt är detta en funktion av att utfyllnadsområdet dräneras av ett dike intill vägbanken som avgränsar området åt väster.

Nivåmätningarna visar också att vattennivåerna i mätpunkterna närmast viken (10-20 m från strandlinjen) tydligt samvarierar med vattenståndet i denna. Vid flera (drygt 30 %) avläsningstillfällen har vattennivån i dessa rör varit lägre än vattennivån i viken vilket innebär att fyllningen sannolikt utsätts för omväxlande in- och utströmning av vatten från viken. De mätpunkter som placerats på större avstånd från strandlinjen (≥ 80 m) har däremot under hela mätperioden visat grundvattennivåer som varit högre än vattenståndet i viken.

4.2 Hydraulisk konduktivitet

Resultat från mätningarna av hydraulisk konduktivitet redovisas i bilaga 2.

4.2.1 Deponin

Den hydrauliska konduktiviteten i de deponerade massorna kunde inte mätas eftersom kontakt inte kunde etableras med de installerade portryckspetsarna (typ BAT). Den hydrauliska konduktiviteten i dessa massor bedöms dock som relativt hög, åtminstone i de ytliga lagren där påverkan av frost etc är tydlig och stora håligheter kan iakttas. De måttliga portryck som uppmättes i deponin i samband med att portryckspetsarna etablerades tyder också på en förhållandevis snabb undantransport av vatten.

Den hydrauliska konduktiviteten i det lager av friktionsjord (morän) som underlagrar deponin uppmättes i tre punkter till värden varierande mellan, $2 \cdot 10^{-6}$ och $2 \cdot 10^{-5}$ m/s. I lerlagret som underlagrar deponins centrala delar uppmättes den hydrauliska konduktiviteten till ca $2,4 \cdot 10^{-9}$ m/s.

4.2.2 Sedimentationsbassängen

Den hydrauliska konduktiviteten hos fibersediment i sedimentationsbassängen uppmättes i två punkter på djupen 0,5-0,9 m och 0,9-1,3 m under markytan till $3,6 \cdot 10^{-6}$ respektive $2,2 \cdot 10^{-6}$ m/s. Denna hydrauliska konduktivitet kan betraktas som måttlig, men är i kombination med underlagrande täta gyttje- och lerlager tillräckligt låg för att vara begränsande för undantransporten av nederbördsvatten.

I vallen som avgränsar sedimentationsbassängen uppmättes den hydrauliska konduktiviteten i två punkter till ca $7 \cdot 10^{-7}$ och ca $8 \cdot 10^{-6}$ m/s. Den stora skillnaden mellan dessa två punkter avspeglas också i nivåmätningarna på så sätt att punkt 8 (med högre genomtränglighet för vatten) svarar betydligt snabbare på vattenståndsförändringar i viken.

4.2.3 Utfyllnadsområdet

Fyllningen är mycket inhomogen och som en konsekvens av detta varierar också den hydrauliska konduktiviteten inom området. Mätningar kunde genomföras i fyra punkter och den uppmätta hydrauliska konduktiviteten i dessa mätpunkter varierade mellan $4 \cdot 10^{-6}$ och $7 \cdot 10^{-5}$ m/s. I två punkter var utströmningen så snabb att mätningar inte kunde genomföras vilket innebär att den hydrauliska konduktiviteten i dessa punkter sannolikt är högre än 10^{-4} m/s.

5 Beräknad vattenbalans

5.1 Deponi och sedimentationsbassäng

Dessa båda områden behandlas med hänsyn till vattenbalansen som en enhet eftersom lakvatten som bildas i deponin till största delen avrinner via sedimentationsbassängen till Örserumsviken.

Lakvattenbildningen till följd av infiltrerande nederbörd bedöms för deponin uppgå till ca 170 mm/år, vilket enligt SMHIs mätningar motsvarar medelavrinningen i det regionala avrinningsområdet. Deponin är i sin helhet bevuxen med björk vilket sannolikt medför en effektiv avdunstning.

Lakvattenbildningen till följd av nederbörd över sedimentationsbassängen bedöms uppgå till ca 200 mm/år. Eftersom bassängen till stor del saknar vegetation är avdunstningen sannolikt mindre effektiv här än på deponin. Avdunstningen bedöms ändå som relativt god eftersom sedimenten under större delen av året är vattenmättade ända upp i ytan.

Tillringen av ytvatten och grundvatten från omgivningen bedöms som liten. Grundvattentrycket i deponi och sedimentationsbassäng är lika högt som, eller högre än i underlagrande friktionsjord. Större delen av deponin och sedimentationsbassängen avskiljs dessutom från grundvattenmagasinet av täta jordlager.

Ytvatten som vid kraftig nederbörd kan avrinna från höjdpaketet norr och öster om området bedöms i huvudsak infiltrera i mark utanför deponin.

Inströmning av vatten från viken till sedimentationsbassängen bedöms som försumbar eftersom vattennivån i bassängen når markytan utom under långvariga torrperioder, och därmed är högre än vattenståndet i viken.

Utifrån dessa antaganden kan den avrinningen från deponi och sedimentationsbassäng uppskattas till knappt 7.500 m³ under ett klimatologiskt normalår, varav ca 2.700 m³ först infiltrerar i deponin. Sannolikt avrinner större delen av lakvattnet från deponin till sedimentationsbassängen medan en mindre del infiltrerar till underliggande grundvattenmagasin. Från sedimentationsbassängen avrinner vattnet huvudsakligen som ett ytligt vatten. Transportkapaciteten på större djup i sedimentationsbassängen är kraftigt begränsad på grund av sedimentens måttliga hydrauliska konduktivitet.

Tidigare leddes uppsamlat dagvatten från industriområdet till sedimentationsbassängen vilket ytterligare ökade vattenomsättningen i denna. Beroende på hur stora ytor som varit anslutna till dagvattensystemet har detta tillskott motsvarat mellan 5.000 och 10.000 m³ per år. Dessa förhållanden kvarstod under den period som PCB- och kvicksilvertransporten mättes. Numera leds dagvattnet i stället direkt till Örserumsviken.

5.2 Utfyllnadsområdet

Vattenomsättningen i fyllningen bestäms av nederbördsinfiltrationen och av in- och utströmning av havsvatten vid vattenståndsförändringar i viken. Eventuell inströmning av grundvatten bedöms som försumbar i förhållande till dessa faktorer.

Nettoinfiltrationen av nederbörd bedöms till i storleksordningen 200 mm per år, dvs något högre än genomsnittet för det regionala avrinningsområdet. Avdunstningen bedöms som något lägre än den genomsnittliga eftersom ytan är endast delvis bevuxen. För hela ytan innebär denna infiltration ett tillskott på ca 4.500 m³ under ett klimatologiskt normalår.

Inströmningen av vatten från viken är svår att uppskatta. Avläsningarna av grundvattenstånd visar att det är ganska vanligt med vattenstånd som är högre än grundvattenytan i en zon närmast viken. Gradienterna (skillnaderna i vattentryck) är dock vanligtvis ganska små

Med tillämpning av Darcys lag kan inträngningsdjupet för ett tillfälle med inströmmande ytvatten grovt uppskattas ur sambandet:

$$L = t \cdot K \cdot I / n_e$$

där: L är inträngningsdjupet (m)

t är varaktigheten (s)

K är fyllningens hydrauliska konduktivitet (m/s)

I är gradienten som driver strömningen och kan beräknas som h/L , där h är vattenståndshöjningen
 n_e är fyllningens effektiva porositet

Eftersom fyllningens hydrauliska konduktivitet begränsar strömningshastigheten begränsas också inträngningsdjupet för vattenståndsförändringar med kort varaktighet. Inträngningsdjupet är också en funktion av gradientens storlek, som beror av vattenståndsförändringens amplitud. Man kan därför försumma kortvariga variationer med liten amplitud. På basis av SMHIs mätningar av vattenstånd i Oskarshamn och Ölands norra udde (registrering varje timme) antas ett representativt beräkningsfall

vara en höjning av vattenståndet med 10 cm med en varaktighet av 7 dygn. Utgående från de utförda mätningarna och den karakterisering av fyllningens material som har utförts uppskattas den karakteristiska hydrauliska konduktiviteten för fyllningen till 10^{-4} m/s. Den korresponderande effektiva porositeten kan då sättas till 34 %¹ och inträngningsdjupet beräknas till ca 4 m. Den totala area som påverkas av inströmmande vatten under en vecka blir då ca 400 m² och den utbytta volymen, d v s fyllningens porvolym inom influensområdet, kan beräknas till ca 350 m³. Om man vidare antar att inströmning av denna storleksordning erhålls under halva året (och att utströmning pågår under övrig tid) kan vattenutbytet till följd av växlande vattenstånd beräknas till ca 9.000 m³ per år, och det totala vattenutbytet till ca 13.000 m³ per år.

Det skall understrykas att ovanstående beräkningsmodell är en tämligen grov förenkling och att de materialegenskaper som ansatts (hydraulisk konduktivitet och porositet) varierar kraftigt inom fyllningen. Resultatet blir därför behäftat med stora osäkerheter.

Ett annat sätt att beräkna det ackumulerade utflödet från fyllningen är genom att addera samtliga uppmätta avsänkningar av grundvattennivån i fyllningen under ett år. Medelvärde av de adderade avsänkningarna för de olika grundvattenrören inom fyllningen är 1,36 m. Med en effektiv porositet av 34 % motsvarar detta omsättningen av ca 10.000 m³ vatten. Detta utflöde skulle då utgöras dels av infiltrerande nederbörd, dels av vattenutbyte med viken. Eftersom avläsningar av vattenstånden endast utförts en gång per vecka har kortvarigare förändringar av vattenståndet inte kunnat registrerats, vilket kan leda till en underskattning av utflödet. Så blir t ex de summerade avsänkningarna av avlästa vattenståndsförändringar i viken 1,96 m under ett år, medan de summerade avsänkningarna i Oskarshamn, som bygger på registrering varje timme, blir 4,93 m för motsvarande period. Om samma förhållande skulle gälla för grundvattenståndsförändringarna skulle utflödet kunna underskattas med som mest en faktor 2,5, vilket innebär att utflödet teoretiskt skulle kunna bli 25.000 m³. Emellertid begränsas vattenutflödet vid kortvariga variationer både av fyllningens hydrauliska konduktivitet och de finkorniga fraktionernas förmåga att genom kapillära krafter kvarhålla vatten i porerna. Effekterna av kortvariga vattenståndsvariationer kan därmed inte få full genomslagskraft.

Mot bakgrund av resultaten från dessa olika sätt att beräkna omsättningen av vatten i fyllningen bedöms det sannolika utflödet uppgå till i storleksordningen 10.000 - 15.000 m³ per år, varav 5.000 - 10.000 m³ utgörs av havsvatten som endast penetrerar de yttre delarna av fyllningen.

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
Avdelningen för miljögeoteknik

Bengt Rosén
Projektledare

Pär Elander

¹Bear J., 1972: Dynamics of fluids in porous media. Elsevier