

Påverkan på säkerheten i vattenförsörjningen från strandbetande nötkreatur

– fallstudie Göta älv

*Lars Rosén
Joanna Friberg*



VA-Forsk

VA-Forsk är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet. FoU-avgiften är för närvarande 1,05 kronor per kommuninnevånare och år. Avgiften är frivillig. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor.

VA-Forsk initierades gemensamt av Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvattenrening
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

VA-Forsk styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Ola Burström, ordförande

Olof Bergstedt

Roger Bergström

Staffan Holmberg

Pär Jönsson

Stefan Marklund

Mikael Medelberg

Peter Stahre

Jan Söderström

Skellefteå

Göteborgs VA-verk

Svenskt Vatten AB

Haninge

Östersund

Luleå

Roslagsvatten AB

VA-verket Malmö

Sv kommunförbundet

Steinar Nybruket, adjungerad

Thomas Hellström, sekreterare

NORVAR, Norge

Svenskt Vatten AB

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

VA-Forsk
Svenskt Vatten AB
Box 47607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
E-post svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Påverkan på säkerheten i vattenförsörjningen från strandbetande nötkreatur – fallstudie Göta älv
Title of the report:	Impact on water quality from waterfront cattle pasture – case study river Göta älv
Rapportens beteckning Nr i VA-Forsk-serien: ISSN-nummer: ISBN-nummer:	2003-36 1102-5638 91-85159-00-X
Författare:	Lars Rosén, Scandiaconsult och Joanna Friberg, Göteborgs VA-verk
VA-Forsk projekt nr:	22-113
Projektets namn:	Riskanalys – Steg 1: Översiktlig analys av påverkan på Göta älvs vattenkvalitet från strandbetande kor
Projektets finansiering:	VA-Forsk
Rapportens omfattning Sidantal: Format: Upplaga:	64 A4 800
Sökord:	Cryptosporidium, dricksvatten, djurhållning, riskanalys, zoonos, smittspridning, ytvatten, parasiter
Keywords:	Cryptosporidium, drinking water, livestock, risk assessment, zoonoses, contamination, surface water, parasites
Sammandrag:	En av de allvarligaste riskerna förknippad med allmän vattenförsörjning är vattenburen smitta. En möjlig källa är det strandnära betet då betesdjur är bärare av mikroorganismer som kan orsaka sjukdomar hos människor. Smittorisken till följd av ca 100 strandbetande nötkreatur uppströms vattenintaget i Sveriges vattenrikaste vattendrag, är inte försumbar.
Abstract:	One of the risks associated with public water supply is waterborne infections. A possible source for contamination is pasture land with direct access to surface water. Cattle are hosts to many micro-organisms that can cause infections in humans. The risk for infection from as few as 100 grazing cattle with direct access to the largest river in Sweden, Göta älv, is not negligible.
Målgrupper:	Ansvariga för säkerheten i vattenförsörjningen vid myndigheter och huvudmän för vattenförsörjning
Omslagsbild:	Foto Joanna Friberg, Nötdjur på strandäng i Stora Viken vid Göta älv
Rapporten beställs från:	Svenskt Vattens distribution, Box 262, 591 23 Motala. Finns även att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2003
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Sammanfattning

En av de absolut allvarligaste riskerna förknippad med allmän vattenförsörjning är vattenburen smitta. Reningsprocessen kan inte helt eliminera risken och ett bra råvatten är därför en förutsättning för säker dricksvattenförsörjning. En möjlig källa till påverkan av råvattnet är det strandnära betet då betesdjur är bärare av mikroorganismer som kan orsaka sjukdomar hos människor.

Risikanalysen har genomförts i avsikt att bedöma huruvida hälsorisken genom vattenburen smitta från ett representativt betesområde i Göta älvdalen kan betraktas som försumbar eller inte. Denna översiktliga riskanalys skall utgöra underlag för mera detaljerade analyser.

Viktiga delar i analysen är därför att bedöma vilka ingående faktorer som är de mest osäkra samt att identifiera möjliga principiella riskreducerande åtgärder.

Utifrån den genomförda analysen har följande slutsatser dragits:

- Smittorisken till följd av ca 100 strandbetande nötkreatur i Stora Viken, beläget drygt 10 km uppströms vattenintaget vid Lärjeholm, är inte försumbar.
- De högsta halterna kan uppstå genom pulsartade spridningsförlopp i samband med nederbörds- eller översvämningstillfällen inom strandbetesområdet.
- Halterna till följd av kontinuerlig spridning via spillning som hamnar direkt i älven förväntas vara lägre än de som kan uppstå via pulsartade spridningsförlopp, dock så höga att de skulle kunna innebära infektionsrisker som inte är acceptabla.
- Förväntade halter kontinuerlig belastning har skattats till ca $1,2 \times 10^{-3}$ oocystor per liter vatten som lämnar vattenverket. Den acceptabla halten enligt praxis i exempelvis USA är ca 3×10^{-5} oocystor per liter vatten beräknat för ett års konsumtion. Omräknat till konsumtion under betessäsongen skulle den förväntade halten vara drygt en tiopotens högre än den acceptabla.
- Osäkerheterna i beräkningarna är stora. Det är framförallt tre huvudsakliga faktorer som påverkar resultatens osäkerhet:
 - Hur betesdjuren rör sig inom ett strandbetesområde, vilket styr hur spillningen fördelas mellan olika marktyper.
 - Hur många oocystor som varje smittat djur kan avge.
 - Hur spridning till älven sker från strandbetesområdet, exempelvis hur snabbt och i vilken omfattning spillning sprids i samband med nederbörds- och översvämningstillfällen.
- Den kontinuerliga halten av oocystor i Göta älv till följd av strandbetande djur beror till stor del av i vilken omfattning djuren släpper spillning direkt i älven. Möjliga principiella riskreducerande åtgärder skulle därmed inriktas mot att förhindra djurens direkta tillgång till älven.
- I det fortsatta arbetet bör i första hand de ovan angivna osäkerheterna närmare studeras.

Summary

One of the most serious risks associated with public water supply is waterborne infections. Water treatment processes can not completely eliminate the risk and therefore a protected source water is a requirement for a safe drinking water supply. A possible source for contamination is pasture land with direct access to surface water. Cattle are hosts to many micro-organisms that can cause infections in humans.

The risk analysis is made in order to assess whether the health risk of waterborne infections from cattle on a grazing area in the Göta älv valley is negligible or not. More detailed analyses are to be based on this rough analysis. Important parts of the analysis is therefore to assess the uncertainty of participating parameters and to identify possible risk reducing measures.

The following conclusions can be made from the analysis:

- The risk for infection from 100 grazing cattle with direct access to Göta älv at Stora Viken, 10 km upstream from the water intake, is not negligible.
- The highest concentrations of oocysts (parasites) from pulse spread follow occasions of high precipitation or flooding of the grazing area.
- The concentrations following continuous spread from fecal material deposited directly into Göta älv are expected to be lower than those of pulse spread, but still high enough to pose an unacceptable infection risk.
- Expected concentrations from continuous spread are estimated at ca 1.2×10^{-3} oocysts per liter water leaving the treatment plant. The acceptable concentration, according to practice in for example the USA, is ca 3×10^{-5} oocysts per liter water calculated for a one-year-consumption. Recomputed for consumption during the grazing season the expected concentrations exceed the acceptable tenfold.
- There are great uncertainties in the calculations. Especially three major parameters have an influence on the uncertainties of the results:
 - In what way the cattle moves within the grazing area, affecting how the fecal material is distributed between different types of land
 - The number of oocysts emitted by every infected animal.
 - In what way emissions spread from the grazing area to Göta älv, for example the speed and extent of transmissions of fecal material following precipitation and flooding.
- The continuous concentration of oocysts in Göta älv heavily depends on the extent to which cattle deposits fecal material directly into Göta älv. Principle risk reducing measures might therefore be targeted at preventing direct access to the river.
- Primarily the uncertainties mentioned above should be more closely examined in continuing work.

Förord

Den planerade ombyggnaden av riksväg 45 och Norge Vänerbanan i Göta älvdalen innebär stora intrång i strandmiljöer med höga naturvärden. Länsstyrelsen i Västra Götaland har ställt krav på kompensationsåtgärder för att acceptera en utbyggnad. I delutredningen om dessa kompensationsåtgärder föreslås bl.a. utökat bete för att hålla strandängarna öppna som en viktig naturvårdsåtgärd. Riskanalysen görs för att utreda om en sådan åtgärd innebär någon risk för dricksvattentäkten Göta älv.

Mikrobiologiska föroreningar kan ha sitt ursprung i utsläpp av avloppsvatten, i avrinning från jordbruksmark, t.ex. betesmark, eller hos vilda djur. Undersökningar har visat att bl.a. Giardia och Cryptosporidium återfinns i Göta älv, två parasiter som är vanliga hos nötkreatur.

Klorresistenta parasiter är ett problem inom vattenförsörjning baserad på ytvattentäkter i många länder och mycket forskning bedrivs inom ämnet. Denna analys fokuserar på parasiten Cryptosporidium på grund av dess höga överlevnad i skilda miljöer och svårigheterna med att avskilja eller avdöda den vid dricksvattenrening.

Riskanalysen har genomförts av Lars Rosén, Scandiaconsult Sverige AB. Joanna Friberg vid VA-verket i Göteborg har utfört huvuddelen av informationsinsamlingen. Olof Bergstedt vid VA-verket i Göteborg och Thor Axel Stenström vid SMI har deltagit i problembeskrivningen och upplägget av riskanalysen.

Göteborg, 2003-05-27

Joanna Friberg

Innehåll

1	INLEDNING.....	1
1.1	BAKGRUND.....	1
1.2	SYFTE.....	1
1.3	GENOMFÖRANDE.....	2
2	UTBROTT AV CRYPTOSPORIDIOS OCH KOPPLINGAR TILL STRANDBETE	3
3	METODIK.....	5
3.1	PRINCIPIELL BESKRIVNING	5
3.2	HÄNDELSETRÄDSANALYS	6
3.3	BEDÖMNING AV INGÅENDE FAKTORER	7
3.3.1	<i>Antal djur inom försöksområdet.....</i>	<i>7</i>
3.3.2	<i>Utsläpp av oocystor (händelse 1).....</i>	<i>7</i>
3.3.3	<i>Andel av spillningen som hamnar inom olika marktyper (händelse 2)</i>	<i>8</i>
3.3.4	<i>Spridning till älven via nederbörd från områden som inte översvämmas (händelse 3:1).....</i>	<i>9</i>
3.3.5	<i>Spridning till älven via nederbörd innan översvämning och uttorkning inom översvämningsbar mark (händelse 3:2)</i>	<i>10</i>
3.3.6	<i>Spridning av oocystor till älven från våtmark (händelse 3:3).....</i>	<i>12</i>
3.3.7	<i>Spridning av oocystor till älven via översvämning innan uttorkning (händelse 4)</i>	<i>12</i>
3.3.8	<i>Transport av oocystor i älven från Stora Viken till intagspunkten för vattenverket (händelse 5).....</i>	<i>12</i>
3.3.9	<i>Intag till vattenverk (händelse 6).....</i>	<i>12</i>
3.3.10	<i>Avskiljning i vattenverk (händelse 7)</i>	<i>13</i>
3.3.11	<i>Exponering (händelse 8)</i>	<i>13</i>
3.3.12	<i>Infektion (händelse 10).....</i>	<i>13</i>
3.3.13	<i>Sannolikhet för att en oocysta skall nå brukare</i>	<i>13</i>
3.4	HALTBERÄKNINGAR.....	13
3.4.1	<i>Modeller</i>	<i>13</i>
3.4.2	<i>Skattning av ingående faktorer.....</i>	<i>16</i>
4	RESULTAT	19
4.1	BERÄKNADE HALTER MED AVSEENDE PÅ OLIKA MARKTYPER	19
4.2	SANNOLIKHETEN ATT ACCEPTABLA HALTER ÖVERSKRIDS	19
4.3	KÄNSLIGHETSANALYS.....	20
4.4	BERÄKNING AV HALTVARIATIONER UNDER EN BETESSÄSONG.....	23
4.5	BERÄKNING AV HALTER FRÅN REDUCERAD DJURBESÄTTNING	24
5	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.....	25
6	REFERENSER.....	27
6.1	SKRIFTLIGA	27
6.2	MUNTLIGA	28
BILAGOR		
BILAGA 1.	HÄNDELSETRÄD	29
BILAGA 2.	BERÄKNINGSRESULTAT OCH STATISTISKA ANTAGANDEN	30
BILAGA 3.	NEDERBÖRD 2001	57

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Strandbete och slåtter av strandängar är viktiga naturvårdsåtgärder både ur ekologiskt och kulturhistoriskt perspektiv. En ekologisk faktor är att en lågbetad grässvål leder till fler insekter och därmed positiva förändringar av fågelfaunan. En blå bård med grunda områden ger tillväxt av växtplankton. Kväve borttransporteras antingen via betesdjurens kött eller via det slagna gräset.

Länsstyrelsen i Västra Götaland har ställt krav på kompensationsåtgärder för att acceptera en utbyggnad av järnväg och riksväg 45 i Göta älvdalen. Att strandängarna hävdas anges i delutredningen om dessa kompensationsåtgärder (Vägverket och Banverket, 2002) som den viktigaste naturvårdsåtgärden. Under 1700-talet var den yttersta bården slåtteräng och under 1900-talet betesäng. Även om de nu aktuella områdena inte är samma som de historiskt hävdade så finns ändå en lång tradition av strandbete inom Göta älvdalen.

En av de absolut allvarligaste riskerna förknippad med allmän vattenförsörjning är vattenburen smitta genom enskilda sporadiska fall eller vattenburna epidemier. Betesdjur är bärare av mikroorganismer som kan orsaka sjukdomar hos människor. Flera stora sjukdomsutbrott orsakade av att mikroorganismer från kreatur via dricksvattnet infekterat människor har konstaterats i andra utvecklade länder i Europa och Nordamerika. Det finns ett stort mörkertal när det gäller vattenburna utbrott i Sverige, men ändå rapporteras i medeltal ett större utbrott per år.

De reningsprocesser med flera mikrobiologiska barriärer som råvattnet genomgår i svenska vattenverk reducerar risken mycket kraftfullt, men det finns ingen reningsprocess som helt kan eliminera risken. Ett bra råvatten är därför en förutsättning för säker dricksvattenförsörjning. När det gäller avloppsvatten så har man t.ex. för Göta älv nått mycket långt genom att nästan allt avloppsvatten genomgår en rening som medför en kraftig reduktion av mikroorganismer. Därmed bedöms orsakerna till den fekala påverkan till stor del ha andra källor. Möjliga källor till påverkan är det strandnära betet, men också övrig jordbrukspåverkan och vilda djur.

1.2 Syfte

Utredningen har genomförts som ett första steg i avsikt att bedöma huruvida hälsorisken genom vattenburen smitta från ett representativt betesområde i Göta älvdalen kan betraktas som försumbar eller ej. Eftersom Göta älv är Sveriges vattenrikaste vattendrag kan man anta att om risken inte är försumbar där så finns det anledning att studera och vid behov eliminera riskerna även vid andra vattentäkter. Denna översiktliga riskanalys skall utgöra underlag för mera detaljerade analyser. Viktiga delar i analysen är därför att bedöma vilka ingående faktorer som är de mest osäkra samt att identifiera möjliga principiella riskreducerande åtgärder.

1.3 Genomförande

Risکانالysen har genomförts med hjälp av händelseträdsanalys för att strukturera problemställningen och identifiera styrande faktorer. Ingående faktorer i händelseträdet har bedömts i huvudsak från litteraturuppgifter och expertbedömningar. Även tillgänglig statistik och uppgifter från VA-verket rörande flödes- och nederbördsförhållanden har använts.

Risکانالysen har resulterat i en beräkning av den förväntade halten av smittoämnen i råvattnet vid intagspunkten i Lärjeholm samt av halten smittoämnen i utgående vatten från vattenverket. Dessutom har en osäkerhetsanalys av haltberäkningarna genomförts för att identifiera de mest osäkra faktorerna i beräkningarna. Utifrån osäkerhetsanalysen har också en skattning gjorts av sannolikheten att den verkliga halten skall överskrida den halt som motsvarar den acceptabla hälsomässiga risknivån med avseende på intag av dricksvatten.

Med hänsyn till geologiska, hydrologiska och topografiska förhållanden har ett område vid Stora Viken vid Nödinge valts som studieområde eftersom det antas vara representativt för förhållandena inom Göta älvdalen. I analysen har det antagits finnas ca 100 betande djur i området, varav ca 15 % utgörs av ungdjur, vilket motsvarar det ungefärliga antalet betsdjur inom älvdalen idag. Som jämförelse har också beräkningar gjorts för det nuvarande antalet djur inom Stora Vikenområdet, vilket uppskattats till ca 45.

2 Utbrott av Cryptosporidios och kopplingar till strandbete

Sjukdomen cryptosporidios kan drabba både människor och djur och orsakas av en parasit som heter Cryptosporidium. Parasiten kan överföras dels mellan människor, dels mellan djur och människor. Den smittar genom att mat eller dryck intas som varit i kontakt med avföring från en smittad individ. Sjukdomen är mycket vanlig bland kalvar och vid sjukdom kan de avge miljarder oocystor per dag. Oocystor är parasitens vilostadie och vattenburna form, i fortsättningen används oocystor som en beteckning för smittoämnet i denna utredning.

Cryptosporidium har upptäckts i många vattendrag runt om i världen. I Sverige finns den bl.a. i Göta älv. Parasiten orsakar mag- och tarmproblem och flera vattenburna sjukdomsutbrott har konstaterats i både Nordamerika och Europa. Sjukdomsspridning via kranvatten kopplas samman med förorening av råvattnet från antingen avloppsvatten eller avrinning från jordbruksmark, ofta i samband med kraftiga regn, men det är svårt att avgöra vilket ursprung parasiterna har.

En undersökning i Japan (Ono et al, 2001) konstaterade att 72 % av undersökta vattendrag innehöll Cryptosporidium parvum, vilket är den art av parasiten som är farlig för människan. Man kunde även konstatera att intensiteten i föroreningen varierade mellan olika områden i samma mönster som mängden nötkreatur varierade (signifikansnivå $P < 0,005$), se Tabell 1.

Tabell 1. Variation i föroreningsintensitet jämfört med variation av antalet nötdjur i olika områden i västra Japan (Ono et al, 2001).

Område	Positiva test [%]	Antal oocystor / 20 l	Antal nötkreatur
1	100	2,4	43 100
2	41	1,8	23 600
3	53	1,6	26 900
4	37	1,4	9 000

I en undersökning av två vattendrag i Kanada mättes koncentration av parasiten i vattnet både uppströms och nedströms ett jordbruk med nötboskap. En ökning av koncentrationen från 5,6 oocystor / 100 liter till 13,3 oocystor / 100 liter i medeltal kunde konstateras. Skillnaden var signifikant ($P < 0,05$) (Ong et al, 1996).

En gård med mjölkkor i nordöstra USA studerades under en period med avseende på avrinning från gården och påverkan på ett närliggande vattendrag. Studien kunde visa en åttafaldig ökning av antalet positiva prover i vattendraget i samband med frekvent gödselspridning på gårdens marker med gödsel från nötkreaturen (Sischo et al, 2000).

Det största vattenburna utbrottet av cryptosporidios i västvärlden skedde i Milwaukee i Michigan, USA 1993. Över 400 000 människor rapporterades sjuka och 100 dog. Parasiten spreds med kranvattnet på grund av att råvattnet från Lake Michigan haft mycket hög halt av mikroorganismer och att vattenverket inte lyckades rena vattnet i tillräckligt hög grad. Källor för oocystorna tros ha varit bräddningar av avlopp samt förorening med boskaps gödsel på grund av ytavrinning vid de ovanligt stora vårregnen (Fayer et al, 2000a).

Statistik från vattenburna sjukdomsutbrott i USA under åren 1971–1994 har analyserats och visat en säsongsbundenhet och en statistisk sammankoppling med stor nederbörd.

Föroreningar från både avlopp och från djuravföring transporteras till vattendrag och dricksvattentäkter med nederbörden, och ett samband mellan ökat regn och ökad koncentration av oocystor i älvvatten har kunnat konstateras.

Under åren 1984–1996 förekom i USA tio utbrott av cryptosporidios där smittan konstaterades härröra från dricksvattnet. I Kanada rapporterades mellan 1993 och 1996 fyra dricksvattenburna utbrott och i Japan två stycken. I Europa har de flesta rapporterade utbrotten på grund av dricksvatten inträffat i England och Wales.

Två genotyper av *Cryptosporidium parvum* har hittats. En som bara smittar mellan människor och en zoonotisk, som kan smitta mellan djur och människor. Vid flera vattenburna utbrott av cryptosporidios har genotypen klassificerats hos infekterade individer och utifrån detta har slutsatser om oocystornas ursprung kunnat dras. Vid två utbrott i Storbritannien konstaterades att 96 % av de smittade bar på den genotyp som enbart smittar mellan människor. I en annan undersökning som studerade smittade från sju olika vattenburna utbrott var den zoonotiska genotypen vanligast vid tre av utbrotten och den andra genotypen var mest vanlig vid de resterande fyra. De tre utbrott som berodde på den zoonotiska genotypen inträffade alla under våren och tros bero på förorening av vattnet med infekterad fårförläggning, de övriga utbrotten tros bero på att avloppsvatten förorenat dricksvattnet. En studie som undersökte *Cryptosporidium*genotyper från flera olika vattenburna utbrott i Storbritannien konstaterade att av över 2 000 prover var 59,6 % av den zoonotiska genotypen (Rose et al, 2002).

3 Metodik

3.1 Principiell beskrivning

Analysen utgår från synsättet att en oönskad påverkan endast kan uppstå om händelsekedjan **utsläpp** → **spridning** → **exponering** mellan riskobjekt och skyddsobjekt är obruten.

Riskobjekt utgör i detta fall strandbetande kor och/eller ungdjur, vilka kan bära på smitta och utgör således källan vid vilken utsläpp av smitta kan ske. *Skyddsobjekt* är en godtyckligt vald brukare inom Göteborgs stads vattenförsörjningsnät. Riskanalysen syftar således till att beräkna individrisken att smittas från strandbetande nötdjur till följd av *exponering* genom intag av kommunalt dricksvatten.

Utsläpp av oocystor sker om det finns djur inom den aktuella besättningen som är smittade.

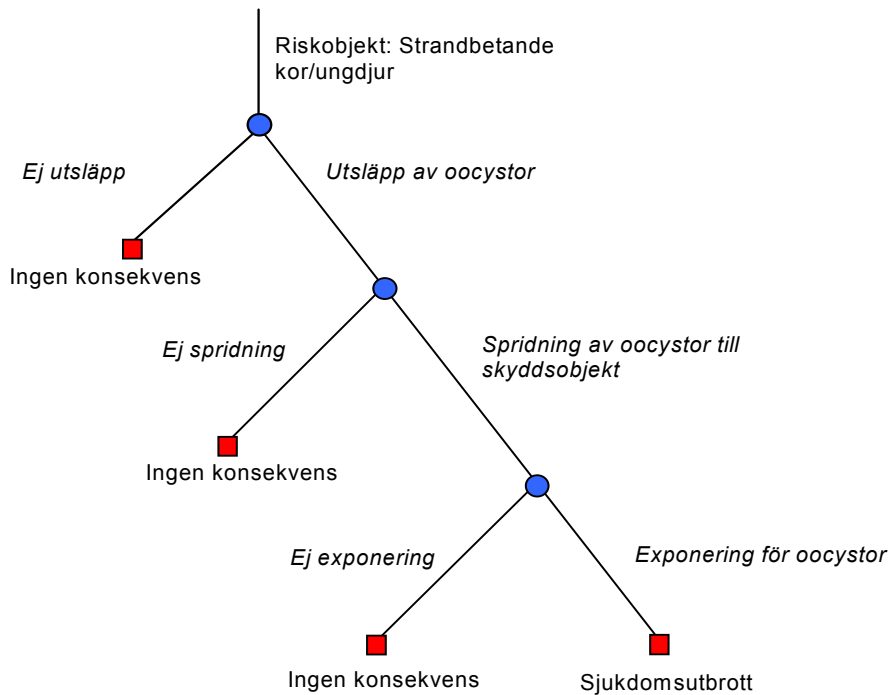
Spridning av oocystor mellan riskobjekt och skyddsobjekt omfattas av flera delhändelser:

- Tillförsel av smittoförande fekalier till Göta älv via exempelvis avrinning och översvämning samt direkt tillförsel i strandzonen.
- Transport av oocystor i Göta älv till intagspunkten för Göteborgs vattenverk vid Lärjeholm.
- Otillräcklig avskiljning av oocystor i vattenverkets reningsprocess.
- Distribution av förorenat vatten till brukare via vattenförsörjningens distributionsnät.

Exponering för oocystor sker i form av intag av dricksvatten.

En systematiskt genomförd riskbedömning ger utifrån detta synsätt viktig information av var i händelsekedjan riskreducerande åtgärder bör sättas in för att vara mest effektiva.

Figur 1 beskriver på ett principiellt sätt med hjälp av ett s.k. *händelseträd* hur risken för oönskad påverkan på skyddsobjektet beror av en serie händelser som leder till att en konsekvens uppstår. *Risiknivån* bestäms således av hur sannolika de olika händelserna är samt konsekvensernas omfattning.



Figur 1. Principiellt händelseträd. Cirkclar indikerar sannolikhet för händelse och kvadrater indikerar slutet för en händelsekedja. Figuren beskriver således fyra möjliga händelsekedjor.

I tidiga och inledande skeden är bedömningar av dessa händelser osäkra på grund av exempelvis bristfälligt underlagsmaterial och komplexa spridningsförhållanden. Det är då viktigt att försöka bedöma graden av osäkerhet i riskbedömningarna. Ingående faktorer har i analysen därför inte uttryckts som exakta värden, utan i form av *osäkerhetsintervall*. Dessa intervall beskrivs i analysen med hjälp av statistiska fördelningar. Genom statistisk simulering (Monte Carlo) har osäkerheten i genomförda haltberäkningar kunnat skattas.

Genom denna osäkerhetshantering kan resultaten på ett tydligt sätt uppdateras till en högre grad av säkerhet då mera detaljerade studier genomförs. Detta innebär således att förändringen i säkerhetsnivå till följd av fördjupade undersökningar kan värderas.

3.2 Händelseträdsanalys

Som studieområde har Stora Viken vid Nödinge valts. Det har antagits att antalet betande nötkreatur inom området är ca 100, varav ca 15 % utgörs av ungdjur. Strukturering av riskanalysen samt identifiering av ingående faktorer har genomförts med s.k. händelseträdsanalys. Det framtagna händelseträdet redovisas i Bilaga 1. Följande spridningsvägar har beaktats i analysen:

1. Direkt tillförsel av fekalier till älven, dvs. de betande djuren släpper sin avföring direkt i älvvattnet.
2. Tillförsel till älven genom avrinning på markytan till följd av nederbörd inom högre liggande områden (områden som sannolikt inte översvämmas under betessången).
3. Tillförsel till älven genom avrinning på markytan till följd av nederbörd inom lägre liggande områden (områden som sannolikt översvämmas under betessången).
4. Tillförsel till älven genom översvämmning av lågt liggande områden.
5. Tillförsel till älven från våtmarksområden, dvs. vassbevuxna områden.

I händelseträdet anges sannolikheten för varje möjligt utfall (händelsekedja). De sannolikheter som representerar en händelsekedja som kan leda till påverkan från smittoämnen anges med en inramning. Sannolikheter angivna med inramning skall tolkas som sannolikheten att en oocysta skall transporteras enligt den angivna händelsekedjan för att slutligen nå en godtyckligt vald brukare inom Göteborgs vattenförsörjningsnät. Händelseträdet säger alltså inte något om i vilka halter smittoämnen kan nå brukarna, utan visar vid vilka händelseförlopp detta är möjligt. Trädet innehåller steg för exponering och infektion men dessa har inte kvantifierats eftersom detta kräver fördjupade analyser. För att beräkna halter har en spridningsmodell ställts upp, se nedan, utgående från händelseträdsanalysen.

3.3 Bedömning av ingående faktorer

Delkomponenterna i riskanalysen har bedömts enligt följande. De händelser som ingår i händelseträdet anges med nummer för hänvisning till position i trädet.

3.3.1 Antal djur inom försöksområdet

I analysen har det antagits att antalet djur inom området är ca 100. Eftersom antalet djur sannolikt varierar under en säsong har en osäkerhet kring antalet djur skattats enligt en uniform fördelning till att variera mellan 80 och 100, dvs. $U(80, 100)$.

3.3.2 Utsläpp av oocystor

Denna faktor baseras på litteraturbedömningar rörande andel smittade djurbesättningar i andra länder. Uppgifter från Sverige saknas, men det har bedömts att uppgifter i Tabell 2 bör ge en representativ bild.

Utifrån denna information har det bedömts att sannolikheten att en godtyckligt vald djurbesättning är smittad är ca 0,77.

Tabell 2. Sannolikheter att utsläpp av zoonoser skall ske, uttryckt som andel smittade djurbesättningar av ett antal studerade.

Undersökning	Område	Mjölkkor/ Dikor	Bestånd
Ares-Mazás et al 1999	Spanien	-	1/1
Atwill et al 1999	Kalifornien	Dikor	-
Fayer et al 2000b	Maryland	Mjölkkor	1/2
		Dikor	1/1
Scott et al 1995	Skottland	Dikor	2/2
		Dikor	1/1
Olson et al 1997a	Kanada	Mjölkkor	80 % (16/20)
Olson et al 1997b	Kanada	Dikor	6/6
Quílez et al 1996	Spanien	-	63,3 % (19/30)
Sischo et al 2000	USA	Mjölkkor	91 % (10/11)
Maldonado-Camargo et al 1998	Mexico	Mjölkkor	93,5 % (29/31)
Garber et al 1994	USA	-	59,1 %

3.3.3 Andel av spillningen som hamnar inom olika marktyper (händelse 1)

Inom ett strandbetesområde kan flera olika marktyper förekomma, inom vilka förutsättningarna för tillförsel av oocystor till Göta älv varierar. Exempelvis översvämmas vissa partier ofta medan andra översvämmas mycket sällan eller aldrig under en betessäsong. Ibland går djuren ut i älvens vatten för att dricka eller få svalka, varvid oocystor kan tillföras direkt till älvens vatten. Längs stora delar av älven finns våtmarker längs stränderna, där det kan finnas förutsättningar att oocystor binds under kortare eller längre tid till våtmarksvegetationen. Beroende på djurens vistelsetid inom olika marktyper kommer påverkan på älvens vattenkvalitet att variera. Vistelse i älvens vatten eller inom våtmarker medför en nära nog kontinuerlig tillförsel av oocystor, medan vistelse inom översvämningsbar mark eller höjdparter medför en mera pulsartad tillförsel genom översvämning eller avrinning vid kraftig nederbörd.

I analysen har det förutsatts att djuren släpper lika mycket fekalier per tidsenhet oberoende av inom vilken marktyp de befinner sig. Vistelsetiden inom varje marktyp har bedömts utifrån observationer i fält samt en bedömning av respektive marktyps andel av försöksområdets totala yta. Enligt dessa antaganden kan därmed vistelsetiden användas som ett mått på hur stor andel av den totala mängden spillning som hamnar inom respektive marktyp.

Inom försöksområdet vid Stora Viken har andelen spillning inom de olika identifierade marktyperna bedömts enligt Tabell 3. Osäkerhetsintervallen har bedömts utifrån de fältobservationer som gjorts. För varje skattning anges ett osäkerhetsintervall enligt en statistisk fördelning. Denna bedömning ansågs vara befogad med hänsyn till ofullständig information kring hur djuren rör sig inom området.

Tabell 3. Andel spillning inom respektive marktyp.

Marktyp	Trolig andel (%)	Osäkerhetsintervall (%)
Höjdparter som aldrig eller mycket sällan översvämmas under en betessäsong, <i>H</i>	35	$U(30;40)$
Markområden som översvämmas regelbundet (2–6 ggr per månad enligt tillgänglig nivåstatistik).	35	$f_{H,V,D}(15;54)^*$
Våtmarksområden, <i>V</i>	20	$U(15;25)$
Direkt i älvens vatten vid strandkanten, <i>D</i>	10	$U(1;20)$

* Andelen inom översvämningsbar mark är en funktion av skattningarna inom de övriga marktyperna.

3.3.4 *Spridning till älven via nederbörd från områden som inte översvämmas (händelse 2:1)*

Sannolikheten för att en godtyckligt vald oocysta skall tillföras älven via nederbörd från områden som inte översvämmas beror av hur intensiv nederbörd som krävs för att skölja bort spillning från marken samt hur länge oocystorna lever i spillningen.

Undersökningar har visat att oocystor förvarade i avföring från nötkreatur överlever flera veckor. Robertson et al (2000) anger utifrån två genomförda försök att efter 47 dagar i halvfast avföring i mörker med en temperatur runt 4°C var endast 33 % respektive 38 % döda. Efter 176 dagar var motsvarande siffror 60 % respektive 72 %. Under betessäsongen i Göta älvdalen är temperaturen högre än under de rapporterade försöken, vilket borde innebära en högre andel döda oocystor. Ovan nämnda undersökning testade även oocystornas överlevnad när de utsattes för lufttorkning i rumstemperatur och då var dödligheten 97 % redan efter 2 timmar och 100 % efter 4 timmar (Robertson et al 1992). Alltså borde det till största delen vara spillningens uttorkningshastighet som bestämmer oocystornas överlevnad på marken.

Uttorkningstiden för spillningen bör bero av vatteninnehållet vilket kan variera mellan 55 och 99 % beroende på djur och föda. I ett stall brukar man räkna med att oocystornas överlevnad är några månader. En komocka kan hålla sig fuktig under en förhårdnad skorpa i ett par månader under rätt väderlek och frysning snarare än uttorkning kan vara den största avdödande faktorn om avföringen får ligga kvar på marken även under höst och vinter (Christensson 2002-08-16).

Nederbördsmätningar i Göteborg för 2001 (Bilaga 3) visar att endast tre veckor under hela sommaren var helt utan regn vilket borde betyda att det vanligtvis inte går så fort för komockorna att torka ut. I genomsnitt regnade det > 2 ggr i veckan under sommarmånaderna och medelnederbörden var 13 mm per vecka (statistik från Göteborgs VA-verk). Det antogs att det måste regna > 10 mm/dygn för att spillning skall kunna sköljas bort.

Så länge oocystorna inte torkar ut överlever de länge, i spillning verkar de t.o.m. utveckla en mer ogenomtränglig yta än annars och kan därmed överleva längre och i hårdare miljöer (Robertson et al 1992). I vatten kan en oocysta fortsätta vara infektiös i upp till ett år. Ju svalare vatten desto längre överlevnad, men den överlever inte frysning under -20°C (Robertson et al 1992). Mycket av marken i kohagarna är fuktig mark. I Stora Viken kunde vattenyta skönjas i de djupare avtrycken efter djuren även i de högre partierna, och spillningen kan därför antas ta relativt lång tid att torka ut.

Sammantaget har oocystornas långa livslängd i den aktuella miljön samt det faktum att det regnar ofta under betessäsongen resulterat i bedömningen att det finns en relativt hög sannolikhet att en godtyckligt vald oocysta tillförs Göta älv via avrinning vid nederbördstillfällen. Osäkerheterna är emellertid stora kring hur dessa processer verkligen sker. Sannolikheten för denna händelse har därför skattats som ett intervall mellan 0,5 och 0,9. Intervallet beskrivs av en betafördelning, angivet som $B(5\% \text{-percentil}, 95\% \text{-percentil}, \text{min}, \text{max})$, vilket för den aktuella skattningen innebär $B(0,5;0,9;0;1)$. Denna skattning beskriver den förväntade andelen oocystor inom denna marktyp som sprids till Göta älv.

3.3.5 Spridning till älven via nederbörd innan översvämning och uttorkning inom översvämningsbar mark (händelse 2:2)

För att på ett korrekt sätt beskriva händelseförloppet för en oocystas transport från områden som ofta översvämmas bedöms huruvida transporten sker via översvämning eller om ett nederbördstillfälle kan ske innan översvämning. Hur oocystorna tillförs älven påverkar också halten som når vattenintaget, se haltberäkningar nedan.

Enligt skattningar av sannolikheter för olika nivåförändringar i Göta älv gjorda utifrån befintlig statistik (Projektör, 2000) sker översvämningarna med de sannolikheter som beskrivs i Tabell 4.

Tabell 4. Sannolikheter för olika nivåer inom försöksområdet, baserat på uppgifter i Projektör (2000).

Yta	Sannolikhet för översvämning en gång per år
900 m ² (= 0,7 %) i nivå med älven / under vatten	1
181 600 m ² (= 33,1 %) 0–0,5 m	1
146 300 m ² (= 26,7 %) 0,5–1 m	1
103 200 m ² (= 18,8 %) 1–1,5 m	0,1
64 300 m ² (= 11,7 %) 1,5–2,0 m	0,006
113 300 m ² (= 9,0 %) > 2,0 m	0

Som kan ses i Tabell 4 så sker en kraftig minskning av sannolikheten att översvämning skall ske av områden över 1 meter över normalvattenstånd. Tabell 4 är baserad på data för hela året. Det har inte varit möjligt att inom detta uppdrag göra någon detaljerad analys av nivåvariationerna för undersökningsområdet inom den aktuella betessäsongen. Dock bör nivåvariationerna vara mindre och alltså översvämmas mindre områden under betessäsongen än vad som anges i Tabell 4. Under betessäsongen är flödet normalt sett lägre än under andra delar av året och dessutom är havsytevariationerna till följd av vindförhållandena inte så kraftiga under denna period. Det normalt sett lägre flödet medför att havsytans nivåvariation bör vara en god approximation av nivåförändringar i älven (Ljunggren 2002-08-15).

Högvatten har mätts i hamnen över en 50-års period och i medeltal inträffar mellan 2 och 6 högvatten på mer än 30 cm varje månad under sommaren, april tom augusti (Göteborgs Hamn), se Tabell 5. Detta indikerar att > 1/3 av Stora Viken översvämmas ca 3 ggr varje månad under sommaren. Ju längre upp i älven desto större blir skillnaderna i nivåsvängningarna eftersom tappningen i Lilla Edet också påverkar nivån, men ju lägre flöde det är i älven desto större påverkan har havsytans nivå på älvens nivå och under sommaren är flödet oftast ganska måttligt.

Tabell 5. Antal tillfällen per månad med en höjning av vattennivån mer än 30 cm.

Månad	≥ 30 cm
April	2
Maj	1
Juni	3
Juli	3
Augusti	6
Medel	3

Sammanfattningsvis har det utifrån dessa uppgifter antagits att det sker översvämning av ca 35 % av området med i medeltal 12 dagars mellanrum. Ett osäkerhetsintervall för denna skattning har angivits med en lognormal fördelning som $L(12;4)$.

Vad gäller nederbörden vid det aktuella området så antogs det, som ovan nämnts, att det måste regna mer än 10 mm/dygn för att spillning skall kunna sköljas bort. Det har inte varit möjligt att utföra detaljerade studier av vid vilka regnintensiteter som spillning sköljs bort och inte heller av hur regnintensiteten varierar för betessäsongen över långa tidsserier. Enligt statistik för 2001 (se Bilaga 3) kunde en skattning av antalet dagar mellan nederbördstillfällen med > 10 mm/dygn göras. Skattningen är 15 dagar. Eftersom det råder osäkerheter kring vilken intensitet som krävs för att bortsköljning skall kunna ske samt kring hur intensiteten varierar anges ett osäkerhetsintervall för denna skattning i form av en lognormal fördelning, enligt $L(15;5)$.

Sammantaget leder detta till att den förväntade sannolikheten för spridning via nederbörd innan översvämning och uttorkning, P_n , är:

$$P_n = \frac{1}{T_n} / \left(\frac{1}{T_n} + \frac{1}{T_o} \right) = 0,44$$

där T_n = tiden mellan nederbördstillfällen som orsakar bortsköljning och T_o = tiden mellan översvämningstillfällen. Den förväntade sannolikheten kan ses som en skattning av den förväntade andelen oocystor som hamnar inom översvämningssbar mark som sprids till älven via nederbörd.

Den förväntade sannolikheten för att oocystorna skall spridas via översvämning från den översvämningssbara marken, P_o , är:

$$P_o = 1 - P_n$$

På samma sätt som för P_n representerar P_o den förväntade andelen oocystor som hamnar inom översvämningssbar mark som sprids till älven via översvämning. Eftersom tidsintervallen är behäftade med osäkerheter kommer även de skattade andelarna att vara osäkra. Detta hanteras i haltberäkningarna med hjälp av statistisk simulering, se nedan.

3.3.6 *Spridning av oocystor till älven från våtmark (händelse 2:3)*

Det kan finnas flera orsaker till att oocystor fastläggs inom våtmarksområden och förhindras att nå Göta älv. Exempelvis skulle den biologiska aktiviteten i våtmarker kunna medföra att spridningen begränsas. Det kan också tänkas att oocystor kan fastna på partiklar, vilka kan stoppas genom vegetationens filtrerande effekt. Någon egentlig information om hur oocystor transporteras genom ett våtmarksområde har inte kunnat fås fram inom denna utredning, vilket innebär att en skattning blir behäftad med en stor osäkerhet. Sannolikheten att en godtyckligt vald oocysta skulle kunna passera genom ett våtmarksområde har därför angivits $B(0,1;0,9;0;1)$. Denna skattning representerar den förväntade andelen av de oocystor som hamnar i våtmarken som sprids till älven.

3.3.7 *Spridning av oocystor till älven via översvämning innan uttorkning (händelse 3)*

Enligt ovan beskriven statistik översvämmas lägre liggande partier regelbundet under betessäsongen. Det har därför antagits att sannolikheten är relativt hög för att en godtyckligt vald oocysta inom översvämningsbar mark kommer att spridas till älven via översvämning i den händelse att den inte sprids via nederbörd. På grund av stora osäkerheter kring hur dessa processer i verkligheten sker har sannolikheten angetts inom ett intervall mellan 0,5 och 0,9. Osäkerhetsfördelningen beskrivs med hjälp av en betafördelning enligt $B(0,5;0,9;0;1)$. Skattningen representerar också den andel oocystor som sprids till älven på detta sätt.

3.3.8 *Transport av oocystor i älven från Stora Viken till intagspunkten för vattenverket (händelse 4)*

Förutsättningarna för att en oocysta som sprids till älven skall transporteras från Stora Viken till intagspunkten vid Lärjeholm beror på spridningsförhållandena i älven. I analysen har det antagits att en oocysta kan föras ut via Nordre älv utan att nå vattenintaget. Cirka 60 % av Göta älvs vatten avrinner via Nordre älv. Stora Viken är beläget ca 2 km uppströms förgreningen och det antas att nära nog fullständig omblandning har skett fram till denna punkt. Detta antagande stöds av en tidigare studie utförd vid Chalmers (1972). I denna analys har sannolikheten att en oocysta som lämnar Stora Vikenområdet skall transporteras till intagspunkten bedömts till 0,4. Denna skattning representerar också andelen oocystor som når fram till intagspunkten. Skattningen bör vara i underkant av hur stor andel som verkligen kan nå intagspunkten. Något osäkerhetsintervall har inte angivits för denna faktor.

3.3.9 *Intag till vattenverk (händelse 5)*

En oocysta som transporteras i älvens vatten kan föras in i vattenverket endast om intaget är öppet. Till följd av kvalitetsförändringar och larm om föroreningsutsläpp i älven så hålls intaget relativt ofta stängt. Det har från VA-verket bedömts att intaget i medeltal är stängt ca 2500 tim per år (medelvärde 1996–2000 enligt VA-verkets statistik). Under förutsättning att fullständig omblandning skett innan förgreningen, att intaget är öppet ca 70 % av tiden samt att intagsflödet är ca $2 \text{ m}^3/\text{s}$, så blir den resulterande sannolikheten att en godtyckligt vald oocysta skall komma in i vattenverket ca 0,006. Den verkliga sannolikheten är antagligen något lägre eftersom det borde finnas en korrelation mellan stängning och grumlighet i råvattnet, vilket i sin tur borde ha en viss korrelation till utsköljning av spillning via nederbörd och översvämning. Det har dock inte varit möjligt att analysera dessa samband inom den här utredningen.

3.3.10 Avskiljning i vattenverk (händelse 6)

I vattenverket sker en kraftig avskiljning av bakteriella föroreningar. VA-verkets uppgifter visar att ca 99 % avskiljs. Detta innebär att sannolikheten att en oocysta skall passera genom reningsprocessen är ca 0,01.

3.3.11 Exponering (händelse 7)

Denna händelse har inte kvantifierats.

3.3.12 Infektion (händelse 8)

Denna händelse har inte kvantifierats.

3.3.13 Sannolikhet för att en oocysta skall nå brukare

Händelseträdet som redovisas i Bilaga 1 visar, som ovan nämnts, sannolikheten för alla möjliga utfall enligt den modellstruktur som händelseträdet beskriver. Sannolikheter som är kopplade till händelsekedjor som medför att en oocysta kan nå en brukare anges med en inramning. Händelseträdet visar vilken spridningsväg som kan leda till att brukare nås av oocystor som är den mest troliga med hänsyn till de händelseförlopp som beskrivs i riskmodellen.

Analysen visar att sannolikheten att en oocysta skall nå en brukare är ungefär densamma för olika marktyper, men med något högre sannolikheter för spridning från översvämningsbar mark eller höjdparter. Skillnaderna beror på att det förväntas mera spillning inom dessa delar än inom våtmarksområden och direkt i älven.

3.4 Haltberäkningar

3.4.1 Modeller

Händelseträdet ger struktur för riskanalysen och anger sannolikheter för olika händelsekedjor. För att avgöra om risknivåerna är försumbara eller inte måste dock haltberäkningar göras. I utredningen har spridningsmodeller för haltberäkning tagits fram utgående från de händelseförlopp som beskrivs i händelseträdet. Haltberäkningar har gjorts dels för råvatten vid intagspunkten, dels för vatten utgående från vattenverket. Positionerna för haltberäkningarna i händelsekedjorna anges med fyllda cirklar i händelseträdet.

Halten oocystor, C_1 (antal per liter – n/l) härrörande från spillning direkt i älven har beräknats enligt följande modell:

$$C_1 = K \frac{(1 - F_u)M_v N_v + F_u(1 - F_s)M_u N_k + F_u F_s M_u N_s}{Q} P[V]P[A_1]$$

där K = antalet djur inom området
 F_u = andel kalvar av djurbesättningen
 F_s = andel smittade kalvar
 M_v = antal kg spillning per dygn för vuxna djur
 M_u = antal kg spillning per dygn, kalvar

N_v = antal oocystor per kg spillning, vuxna djur
 N_s = antal oocystor per kg spillning, infekterad kalv
 N_k = antal oocystor per kg spillning, ej infekterad kalv
 Q = flöde i älven innan förgrening (liter/dygn)
 $P[V]$ = andel oocystor som avskiljs vid rening i vattenverket
 $P[A_1]$ = andel spillning som hamnar direkt i älven

Halten oocystor, C_2 (n/l), härrörande från spillning i höjdparter har beräknats enligt:

$$C_2 = K \frac{(1 - F_u)M_v N_v + F_u(1 - F_s)M_u N_k + F_u F_s M_u N_s}{QT_{sn}} T_n P[V] P[A_2] P[N]$$

där K = antalet djur inom området
 F_u = andel kalvar av djurbesättningen
 F_s = andel smittade kalvar
 M_v = antal kg spillning per dygn för vuxna djur
 M_u = antal kg spillning per dygn, kalvar
 N_v = antal oocystor per kg spillning, vuxna djur
 N_s = antal oocystor per kg spillning, infekterad kalv
 N_k = antal oocystor per kg spillning, ej infekterad kalv
 Q = flöde i älven innan förgrening (liter/dygn)
 $P[V]$ = andel oocystor som avskiljs vid rening i vattenverket
 $P[A_2]$ = andel spillning som hamnar inom höjdparter
 $P[N]$ = andel oocystor som sprids till älven via nederbörd innan uttorkning av spillning sker
 T_n = Tid mellan nederbördstillfällen [timmar]
 T_{sn} = Varaktighet för spridning via nederbörd [timmar]

Halten oocystor, C_3 (n/l) härrörande från spillning inom översvämningsbar (låg) mark via spridning genom nederbörd har beräknats enligt:

$$C_3 = K \frac{(1 - F_u)M_v N_v + F_u(1 - F_s)M_u N_k + F_u F_s M_u N_s}{QT_{sn}} T_n P[V] P[A_3] P[N]$$

där K = antalet djur inom området
 F_u = andel kalvar av djurbesättningen
 F_s = andel smittade kalvar
 M_v = antal kg spillning per dygn för vuxna djur
 M_u = antal kg spillning per dygn, kalvar
 N_v = antal oocystor per kg spillning, vuxna djur
 N_s = antal oocystor per kg spillning, infekterad kalv
 N_k = antal oocystor per kg spillning, ej infekterad kalv
 Q = flöde i älven innan förgrening (liter/dygn)
 $P[V]$ = andel oocystor som avskiljs vid rening i vattenverket
 $P[A_2]$ = andel spillning som hamnar inom höjdparter
 $P[N]$ = andel oocystor som sprids till älven via nederbörd innan uttorkning av spillning sker

T_n = Tid mellan nederbördstillfällen [timmar]
 T_{sn} = Varaktighet för spridning via nederbörd [timmar]

Halten oocystor, C_4 (n/l) härrörande från spillning inom översvämningsbar (låg) mark via spridning genom översvämning har beräknats enligt:

$$C_4 = K \frac{(1 - F_u)M_v N_v + F_u(1 - F_s)M_u N_k + F_u F_s M_u N_s}{QT_{so}} T_o P[V]P[A_4]P[O]$$

där K = antalet djur inom området
 F_u = andel kalvar av djurbesättningen
 F_s = andel smittade kalvar
 M_v = antal kg spillning per dygn för vuxna djur
 M_u = antal kg spillning per dygn, kalvar
 N_v = antal oocystor per kg spillning, vuxna djur
 N_s = antal oocystor per kg spillning, infekterad kalv
 N_k = antal oocystor per kg spillning, ej infekterad kalv
 Q = flöde i älven innan förgrening (liter/dygn)
 $P[V]$ = andel oocystor som avskiljs vid rening i vattenverket
 $P[A_2]$ = andel spillning som hamnar inom höjdparter
 $P[O]$ = andel oocystor som sprids till älven via översvämning innan uttorkning av spillning sker
 T_o = Tid mellan översvämningstillfällen [timmar]
 T_{so} = Varaktighet för spridning via översvämning [timmar]

Halten oocystor, C_5 (n/l) härrörande från spillning i våtmark har beräknats enligt:

$$C_5 = K \frac{(1 - F_u)M_v N_v + F_u(1 - F_s)M_u N_k + F_u F_s M_u N_s}{Q} P[V]P[A_5]P[W]$$

där K = antalet djur inom området
 F_u = andel kalvar av djurbesättningen
 F_s = andel smittade kalvar
 M_v = antal kg spillning per dygn för vuxna djur
 M_u = antal kg spillning per dygn, kalvar
 N_v = antal oocystor per kg spillning, vuxna djur
 N_s = antal oocystor per kg spillning, infekterad kalv
 N_k = antal oocystor per kg spillning, ej infekterad kalv
 Q = flöde i älven innan förgrening (liter/dygn)
 $P[V]$ = andel oocystor som avskiljs vid rening i vattenverket
 $P[A_5]$ = andel spillning som hamnar i våtmark
 $P[W]$ = andel oocystor som sprids från våtmark till älven

Som framgår av beräkningsmodellerna antas att vuxna djur utsöndrar oocystor. Detta behöver inte vara sant men antagandet bedömdes som rimligt och inte av stor betydelse för den slutliga halten eftersom det totala tillskottet från de vuxna djuren är mycket begränsat. Detta eftersom det är kalvarna som utsöndrar de klart största mängderna oocystor, se nedan.

3.4.2 Skattning av ingående faktorer

Följande värden har använts i beräkningarna:

K = antalet djur inom området: se avsnitt 3.3.1 ovan.

F_u = andel kalvar av djurbesättningen: Enligt tillgänglig litteratur utgör ungdjuren den största smittorisken eftersom utsöndrandet av oocystor är så mycket större för kalvar än för vuxna djur (se faktor antal oocystor per kg spillning för kalvar nedan). Flest oocystor avger sjuka djur med diarré och kalvar blir företrädesvis sjuka under sina första tre levnadsmånader (Björkman 2002-06-04).

Nötdjur går ute på bete från april och framåt, dikalvar går ute med sina mammor, och kan t.o.m. födas ute i hagen, medan mjölkkalvarna inte släpps ut på bete alls under första levnadsmånaden och därefter endast i korta perioder under första halvåret. De flesta kalvar föds från april och framåt. (Carlsson 2002-06-05). Tabell 6 redovisar statistik över fördelningen av nötkreatur i Sverige (SCB, 2002).

Tabell 6. Fördelning över nötboskap i Sverige.

Djurslag	antal	%
kor för mjölkproduktion	448 520	26,2
kor för uppfödning av kalvar	164 801	9,6
kvigor, tjurar och stutar	600 130	35,0
kalvar, under 1 år	499 469	29,2
Totalt	1 712 920	100

Det bedömdes som rimligt att anta att det i första hand är dikor, deras kalvar, kvigor och stutar som går på strandbete eftersom mjölkkor ska tillbaka till ladugården för att mjölkas varje dag och att detta inte är praktiskt om strandbetesområdet ligger en bit från gården. Statistik för detta redovisas i Tabell 7 (SCB, 2002).

Tabell 7. Fördelning av dikor, deras kalvar, kvigor och stutar (SCB 2002).

Djurtyp	antal	%
kor för uppfödning av kalvar	164 801	18,4
Dikalvar	134 208,7	14,9
kvigor, tjurar och stutar	600 130	66,7
Totalt djur på bete	899 139,7	100

Utifrån denna information antogs att ca 15 % av alla djur på strandbete är kalvar. Med hänsyn till osäkerheter kring den verkliga djursammansättningen valdes att ange ett osäkerhetsintervall kring denna skattning enligt en betafördelning, $B(0,1;0,25;0;1)$.

F_s = andel smittade kalvar: Statistik från litteraturen över smittade djurbesättningar redovisas i Tabell 8.

Tabell 8. Statistik över andel djur smittade med *Cryptosporidium*.

Undersökning	Mjolk-/ Dikor	Nyfödda	Unga kalvar	Ett- åringar	Vuxna	Totalt
Ares-Mazás et al 1999	-	81 %	15 %	0 %	-	26 %
Atwill et al 1999	Dikor	0–13 %		0,6 %		3,9 %
Fayer et al 2000b	Mjölkkor	-	-	8,7 %	10,5 %	-
	Dikor	-	28,8 %	-	-	-
Scott et al 1995	Dikor	-	-	-	62,4 %	-
	Dikor	-	-	-	92 %	-
Olson et al 1997a	Mjölkkor	59 %	-	-	-	-
Olson et al 1997b	Dikor	-	-	-	-	20 %
Quílez et al 1996	-	53,8 %	14 %	7,7 %	17,8 %	19,7 %
Sischo et al 2000	Mjölkkor	15 %	-	-	-	-
Maldonado-Camargo et al 1998	Mjölkkor	25 %	-	-	-	-
Garber et al 1994	-	24,5 %	-	-	-	-

I tabellen kan ses att vuxna djur ofta är smittade. Det är emellertid kalvarna som utsöndrar de största mängderna oocystor varför det är viktigt att försöka bedöma andelen smittade kalvar i en besättning. Utifrån den information som redovisas i Tabell 7 har det antagits att ca 25 % av kalvarna kan förväntas vara smittade. På grund av osäkerheterna i dessa uppgifter angavs ett osäkerhetsintervall för denna skattning enligt en betafördelning, $B(0,15;0,40;0,1)$

M_v = antal kg spillning per dygn för vuxna djur: Våtvikten spillning ligger på 13–33 kg per dag för djur över 12 månaders ålder (Albihn och Stenström 1998). Utifrån dessa uppgifter sattes den förväntade mängden spillning till 23 kg per dygn. På grund av osäkerheterna för denna faktor angavs ett osäkerhetsintervall enligt en uniform fördelning, $U(13;33)$.

M_u = antal kg spillning per dygn, kalvar: Medeltalet för spillning för kalvar ligger på 5,9 kg för kalvar (K-state Parasitology Laboratory 2002-06-19). På grund av osäkerheterna för denna faktor angavs ett osäkerhetsintervall enligt en triangulär fördelning, $T(3;5,9;9)$.

N_v = antal oocystor per kg spillning, vuxna djur: Utifrån ett antal olika litteraturuppgifter (Ares-Mazás et al, 1999; Atwill et al, 1999; Fayer et al, 2000b; Scott et al, 1995; Olsson et al, 1997a, Olsson et al, 1997b; Quílez et al, 1996) har den förväntade halten för vuxna djur skattats till $1,6 \times 10^6$ oocystor per kg spillning. Det råder stora osäkerheter eftersom uppgifterna i litteraturen varierar stort. Därför angavs ett osäkerhetsintervall enligt en uniform fördelning $U(3 \times 10^5; 5 \times 10^6)$. I denna skattning har antagandet gjorts att vuxna djur bär på smitta.

N_s = antal oocystor per kg spillning, infekterad kalv: Fayer (1997) anger att en infekterad kalv utsöndrar 10^{10} oocystor per dag i medeltal. K-state Parasitology Laboratory (2002-06-19) anger att en kalv utsöndrar mellan 2 och 20 miljarder oocystor per dygn när de avger som mest, vilket är vid diarré. Utifrån dessa uppgifter angavs ett förväntat värde på $1,69 \times 10^9$ oocystor per kg med ett osäkerhetsintervall enligt en uniform fördelning, $U(3,3 \times 10^8; 3,3 \times 10^9)$.

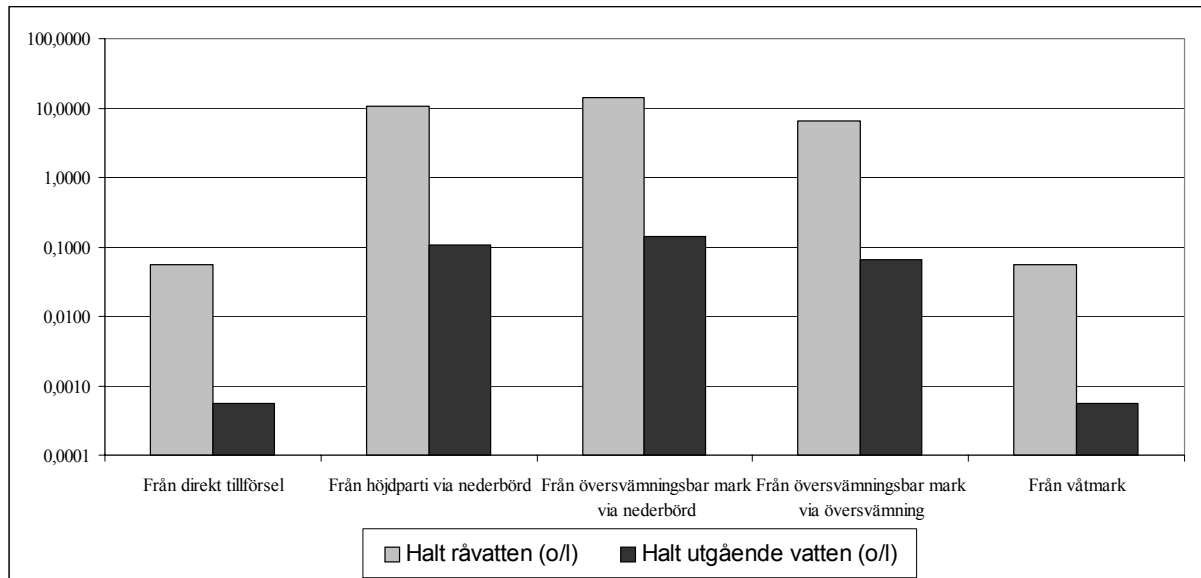
N_k = antal oocystor per kg spillning, ej infekterad kalv: Utifrån ett antal olika litteraturuppgifter (Ares-Mazás et al, 1999; Atwill et al, 1999; Fayer et al, 2000b; Scott et al, 1995; Olsson et al, 1997a, Olsson et al, 1997b; Quílez et al, 1996) har den förväntade halten för ej infekterade kalvar till $2,7 \times 10^6$ oocystor per kg spillning med ett osäkerhetsintervall enligt en uniform fördelning, $U(1 \times 10^6; 5 \times 10^6)$.

Q = flöde i älven innan förgrening: De oocystor som sprids från Stora Viken kommer att omblandas och spädas i älvens vatten. I analysen har antagits att en nära nog fullständig omblandning sker innan förgreningen till Nordre älv. Därför är det också flödet innan förgreningen som kommer att bestämma halten i det vatten som når intagspunkten. Utifrån befintlig statistik är älvens medelvattenflöde ca $670 \text{ m}^3/\text{s}$. Under senare år har nederbörden ökat och under 2001 var medelvattenföringen under perioden $844 \text{ m}^3/\text{s}$. Det ansågs rimligt att använda detta högre flöde i denna analys och ett osäkerhetsintervall, baserat på registrerade flödesvariationer, angavs i form av en extremvärdefördelning, $E(968;215)$. (I extremvärdesfördelningen anges fördelningens mode, dvs. mest troliga värde, och en spridningsfaktor, scale).

4 Resultat

4.1 Beräknade halter med avseende på olika marktyper

Figur 2 visar förväntade halter för spridning från respektive marktyp för råvatten vid intagspunkten vid Lärjeholm samt i utgående vatten. Från figuren kan ses att vid ett medelvattenflöde på ca 844 m³/s (2001) är den förväntade halten både via direkt tillförsel och via våtmark 6×10^{-4} oocystor per liter vatten som lämnar vattenverket. I inkommande råvatten är den förväntade halten $5,6 \times 10^{-2}$ oocystor per liter vatten. Den totala halten från en kontinuerlig tillförsel av oocystor är således ca $1,1 \times 10^{-1}$ i råvattnet och $1,2 \times 10^{-3}$ oocystor per liter i utgående vatten.



Figur 2. Förväntade halter för studerade spridningsvägar.

För spridning via nederbörd och översvämningstillfällen kan halterna bli högre. Figur 2 visar att halterna kan bli drygt 200 ggr högre från dessa pulsartade spridningsförlopp. Den förväntade halten från spridning via nederbörd från höjdparter samt översvämningsbar mark är drygt 10 oocystor per liter råvatten och drygt 0,1 i utgående vatten från vattenverket. Den totala haltökningen över den kontinuerliga belastningen kan således förväntas vara ca 20 oocystor per liter råvatten och 0,2 oocystor per liter utgående vatten från vattenverket.

För spridning i samband med översvämningstillfällen kan också en markant halthöjning förväntas, i storleksordningen 6 oocystor per liter råvatten och 0,06 oocystor per liter utgående vatten från vattenverket. Tillförseln i samband med översvämningstillfällen medför något lägre halter än tillförsel via nederbörd. Detta eftersom tillförseln sker under längre tid än vid nederbördstillfällen, vilket medför större utspädning och lägre halter.

4.2 Sannolikheten att acceptabla halter överskrids

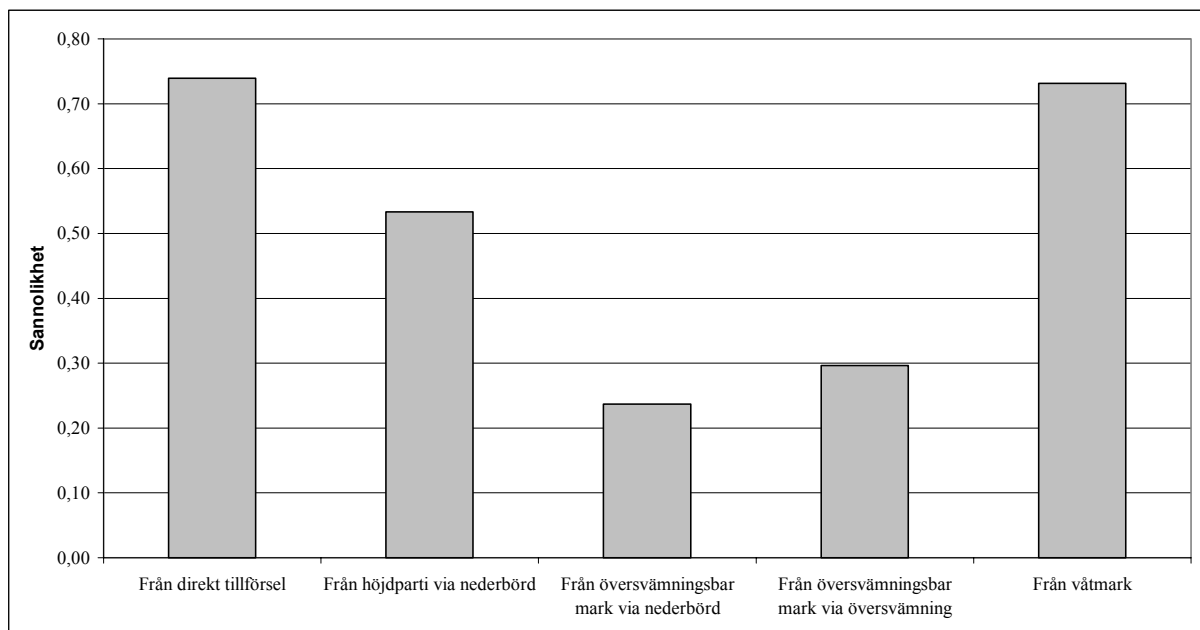
Den acceptabla halten, vilken tillämpas i bl.a. USA och Holland och som är baserad på en acceptabel årlig sjukdomsfrekvens av 1/10 000 konsumenter till följd av den här typen av belastning, motsvarar en kontinuerlig halt av 3×10^{-5} oocystor per liter dricksvatten under ett år. Eftersom strandbete sker under ungefär halva året skulle en möjlig acceptabel halt kunna vara dubbelt så hög, dvs. ca 6×10^{-5} oocystor per liter dricksvatten. Beräkningen från Göta älv

visar att denna halt kan förväntas överskridas med ca 1 tiopotens till följd av kontinuerlig tillförsel från spillning direkt i älven och i våtmark.

Utifrån de osäkerhetsbedömningar som genomförts av ingående faktorer i spridningsmodellerna kan osäkerheten i haltberäkningarna skattas. Skattningarna har gjorts med hjälp av statistisk simulering (Monte Carlo). Osäkerhetsfördelningarna för haltberäkningarna redovisas i Bilaga 2.

Med hjälp av dessa beräkningar kan också sannolikheten att den acceptabla halten skall överskridas skattas. Utifrån strukturen i det framtagna händelseträdet (Bilaga 1) är sannolikheten att ett visst gränsvärde skall överskridas till följd av kontinuerlig belastning en funktion av osäkerheten i haltberäkningen och sannolikheten att ett utsläpp av oocystor skett (dvs. sannolikheten att besättningen skall vara smittad). För de pulsartade spridningsförloppen måste även hänsyn tas till sannolikheten att intaget skall vara öppet samtidigt som spridning sker. För översvämningsbar mark måste också hänsyn tas till sannolikheten huruvida nederbörd eller översvämning blir den faktor som sätter igång spridningsförloppet.

Med hänsyn till dessa faktorer har sannolikheten att den ovan angivna acceptabla halten skall överskridas skattats, vilket redovisas i Figur 3. Det skall här betonas att den acceptabla halten till följd av de pulsartade spridningsförloppen skulle kunna vara högre eftersom dessa sker under begränsade tider. Dessa sannolikheter bör därför vara överskattade i Figur 3. För mera realistiska skattningar för de pulsartade förloppen, måste en fördjupad bedömning av vilka halter som kan vara acceptabla göras med hänsyn till spridningsförloppens varaktighet.

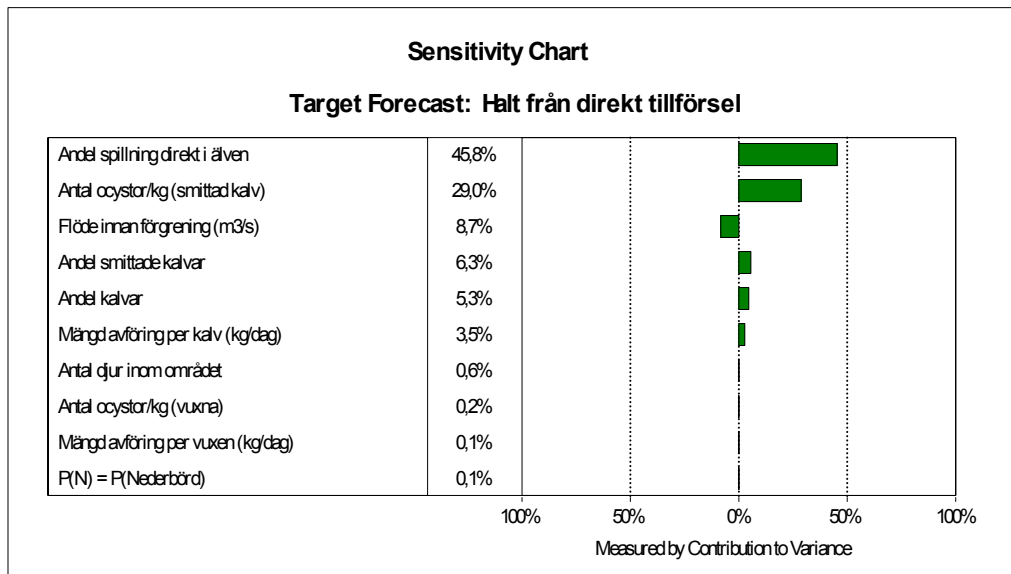


Figur 3. Sannolikheter för att acceptabla halter skall överskridas med avseende på studerade spridningsförlopp.

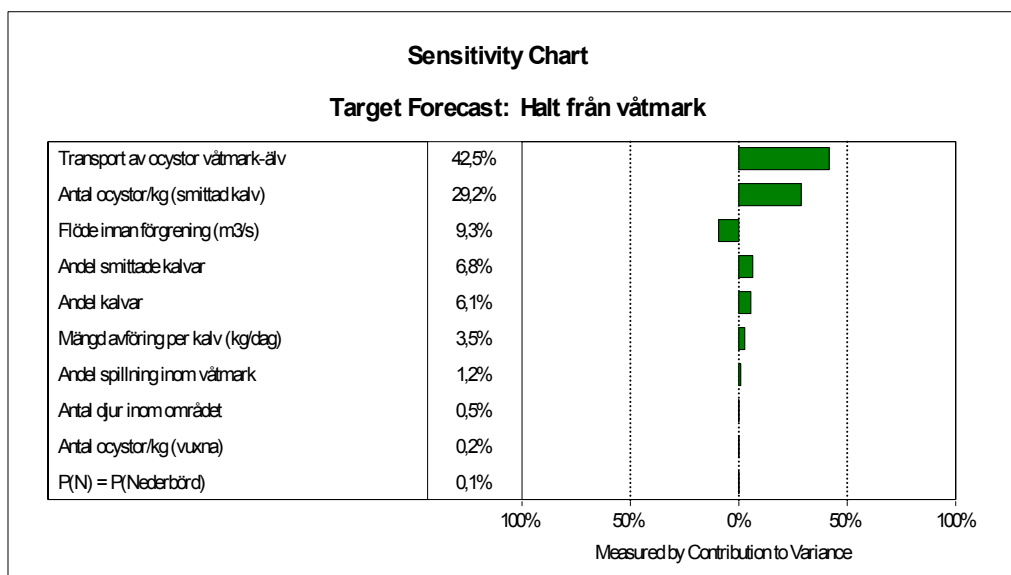
4.3 Känslighetsanalys

Utifrån den statistiska simuleringen har en känslighetsanalys och rangordning av olika ingående faktors betydelse för osäkerheten i de beräknade halterna kunnat göras. Analysen ger viktig information kring vilka variabler som bör studeras mera ingående för att minska osäkerheterna i haltberäkningarna.

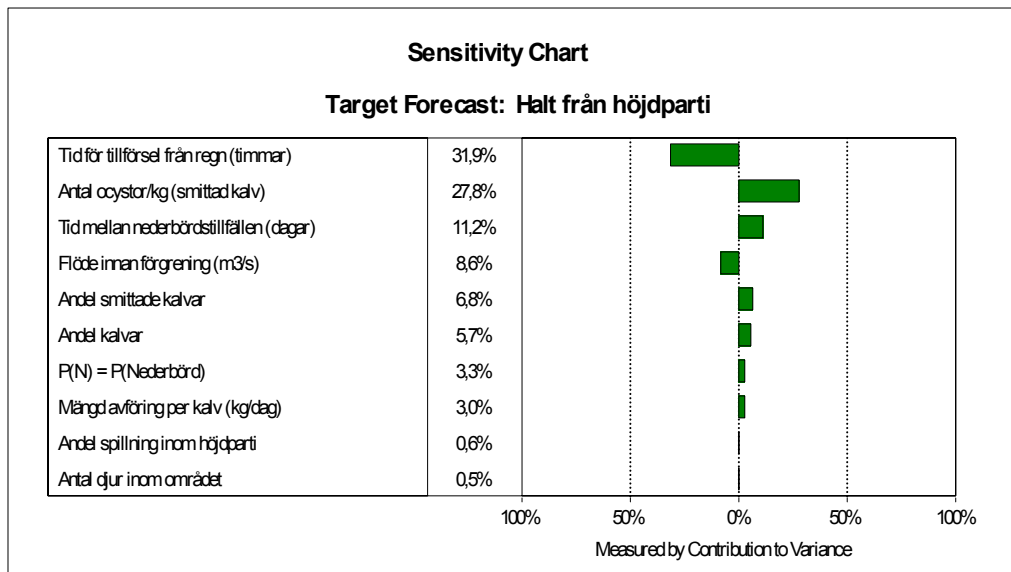
I Figurerna 4–8 redovisas känslighetsanalyser för respektive studerat spridningsförlopp.



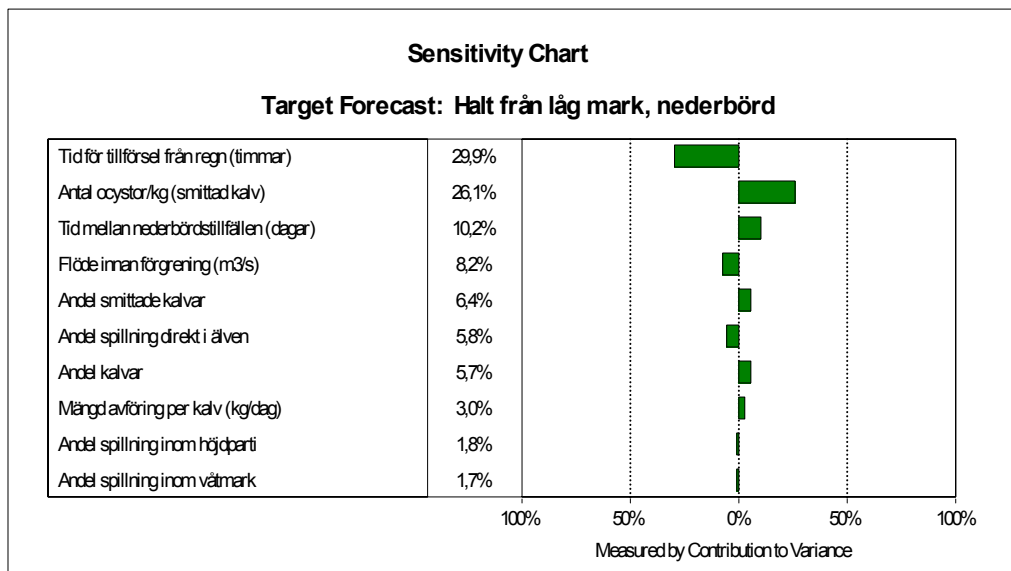
Figur 4. Känslighetsanalys med avseende på spillning direkt i älven.



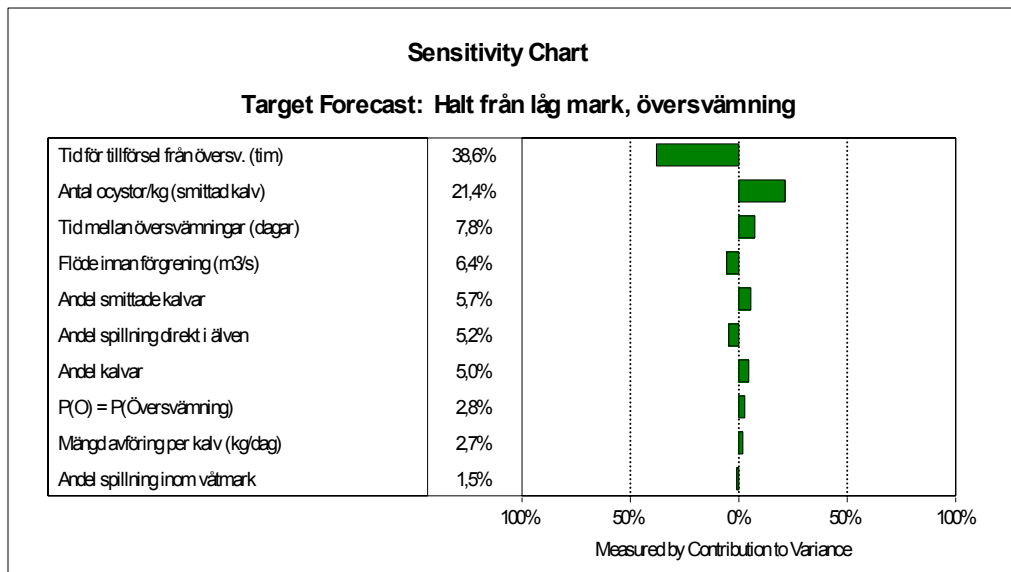
Figur 5. Känslighetsanalys med avseende på spillning i våtmark.



Figur 6. Känslighetsanalys med avseende på spillning inom höjdparter.



Figur 7. Känslighetsanalys med avseende förorening från spillning i översvämningsbar mark till följd av spridning via nederbörd.

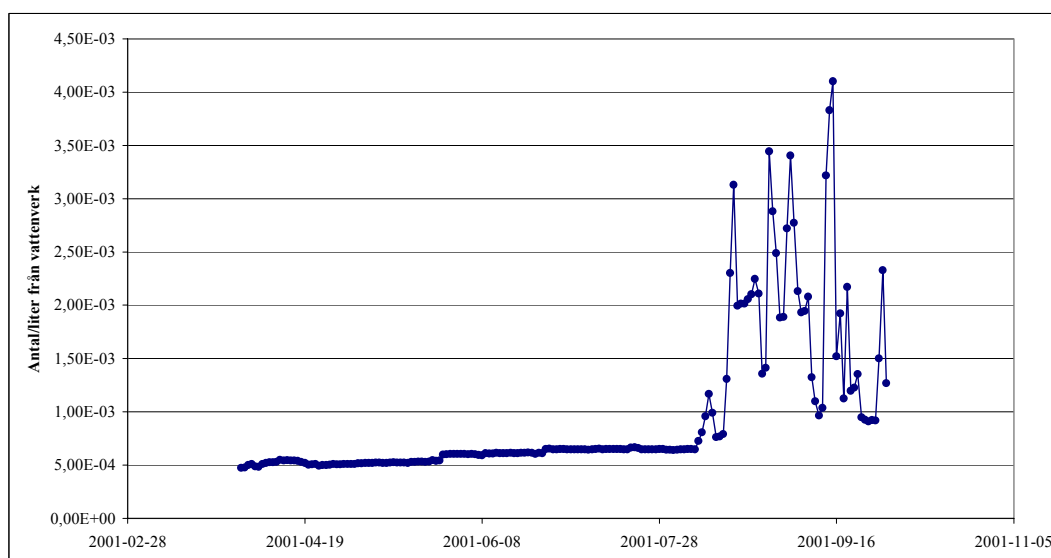


Figur 8. Känslighetsanalys med avseende förorening från spillning i översvämningsbar mark till följd av spridning via översvämning.

Diagrammen visar att andelen spillning som hamnar inom respektive marktyp är en osäker faktor. Likaså är antalet oocystor per kg spillning för smittade kalvar en källa till osäkerhet. De hydrologiska faktorer som påverkar spridningsförloppen, exempelvis hur länge spridning från nederbörd respektive översvämning pågår samt hur stort flödet är i älven, påverkar också osäkerheten mycket.

4.4 Beräkning av haltvariationer under en betessäsong

Den spridningsmodell som upprättats inom riskanalysen kan också användas för att simulera halten med hänsyn till uppmätta flöden i älven. I Figur 9 redovisas beräknade medelhalter i råvatten för varje dag mellan 2001-04-01–2001-10-01 baserat på tillgänglig flödesstatistik för 2001.

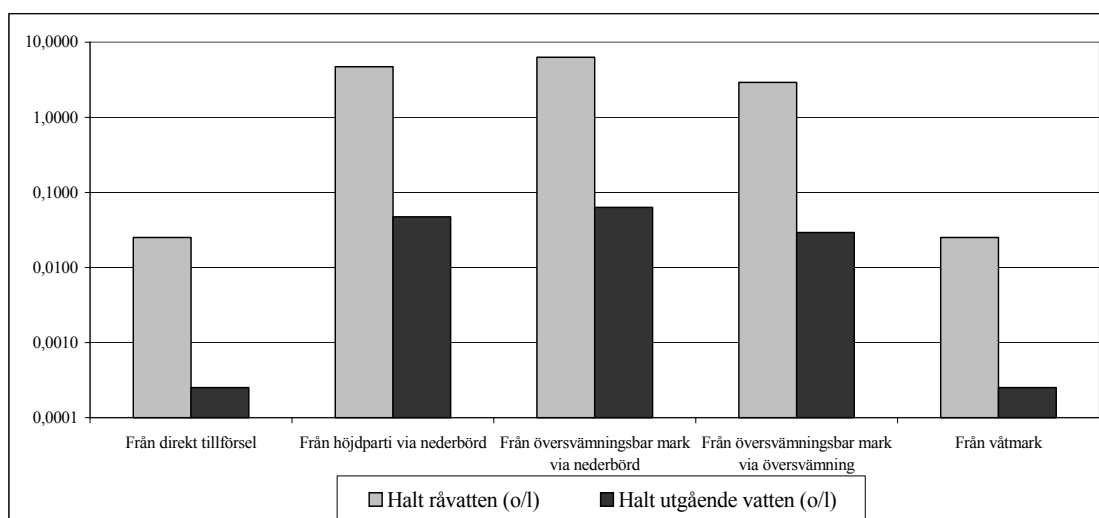


Figur 9. Beräknad medelhalt oocystor i råvatten för betessäsongen 2001, till följd av ca 100 strandbetande nötdjur vid Stora Viken.

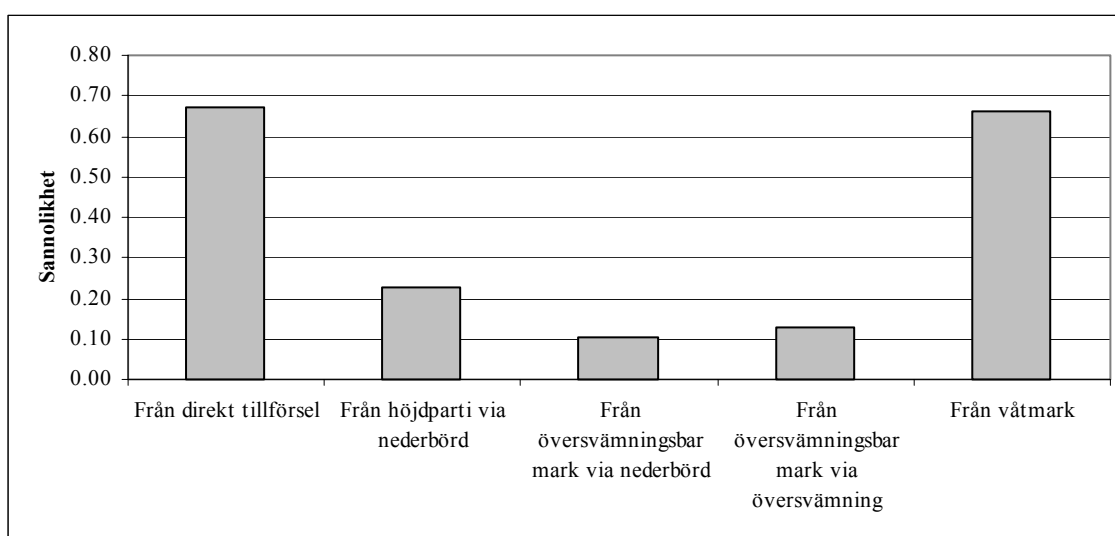
Det bör noteras att Figur 9 visar en förväntad halt från en kontinuerlig tillförsel till älven, vilket innebär att det kan förekomma betydligt högre halter under kortare tider till följd av pulsartad tillförsel. Några sådana beräkningar har inte genomförts inom ramen för denna analys.

4.5 Beräkning av halter från reducerad djurbesättning

Ett möjligt sätt att minska belastningen på Göta älv, och därmed även risken, är att minska antalet strandbetande djur. I Figur 10 redovisas halter beräknade utifrån en reduktion av djurbeståndet till 45 strandbetande djur. En osäkerhetsfördelning kring detta värde angavs enligt en triangulär fördelning, $T(40;45;50)$. Utifrån osäkerhetsbedömningarna skattades också sannolikheterna att acceptabla riktvärden skulle överskridas, Figur 11. Beräkningarna visar att den förväntade halten från den kontinuerliga belastningen uppgår till ca 5×10^{-2} oocystor per liter i råvattnet och 6×10^{-4} oocystor per liter i utgående vatten.



Figur 10. Förväntade halter för studerade spridningsvägar med ca 45 strandbetande nötdjur i Stora Viken.



Figur 11. Sannolikhet att acceptabla halter överskrids med ca 45 strandbetande nötdjur i Stora Viken.

5 Slutsatser och rekommendationer

Utifrån den genomförda riskanalysen har följande slutsatser dragits:

- Den genomförda riskanalysen visar att smittorisken till följd av ca 100 strandbetande nötkreatur inom områden med samma förutsättningar som Stora Viken, beläget drygt 10 km uppströms vattenintaget vid Lärjeholm, inte är försumbar.
- De högsta halterna kan uppstå genom pulsartade spridningsförlopp i samband med nederbörds- eller översvämningstillfällen inom strandbetesområdet. Dessa spridningsförlopp sker emellertid med en reducerad sannolikhet.
- Halterna till följd av kontinuerlig spridning via att spillning hamnar direkt i älven eller i våtmark förväntas vara lägre än de som kan uppstå via pulsartade spridningsförlopp. Halterna kan dock förväntas vara så höga att de skulle kunna innebära infektionsrisker som inte är acceptabla. Förväntade halter från den kontinuerliga belastningen har skattats till ca $1,2 \times 10^{-3}$ oocystor per liter i vatten som lämnar vattenverket. Den acceptabla halten enligt praxis i exempelvis USA är ca 3×10^{-5} oocystor per liter vatten beräknat för ett års förbrukning. I analysen har antagits att den dubbla halten bör vara acceptabel med hänsyn till att betessäsongen varar under ca ett halvår. Enligt beräkningarna skulle den förväntade halten vara drygt en tio-potens högre än den acceptabla. Den beräknade halten för råvattnet ligger i samma storleksordning som de halter som uppmätts vid provtagning i Göta älv (1–4 oocystor per 10 liter vatten).
- Osäkerheterna i beräkningarna är stora. Det är framförallt tre huvudsakliga faktorer som påverkar resultatens osäkerhet:
 - Hur betesdjuren rör sig inom ett strandbetesområde, vilket styr hur stor spillningen fördelas mellan olika marktyper.
 - Hur många oocystor som varje smittat djur, i synnerhet smittade kalvar, kan avge.
 - Hur spridning till älven sker från strandbetesområdet, exempelvis hur, hur snabbt och i vilken omfattning spillning sprids i samband med nederbörds- och översvämningstillfällen. Även hur spridning ifrån våtmarker sker är en stor källa till osäkerheten.

Utifrån de osäkerheter som angivits i denna analys skulle den kontinuerliga belastningen enligt beräknade fördelningar för halterna (se Bilaga 2) kunna vara i nivå med den acceptabla nivån, men detta med mycket låg sannolikhet, i storleksordningen 0,01.

- Med hänsyn till osäkerheterna i händelseförloppen och i de faktorer som ingår i haltberäkningarna finns en osäkerhet kring huruvida acceptabla halter kommer att överskridas. Sannolikheten att acceptabla halter skall överskridas till följd av den kontinuerliga tillförseln är hög, drygt 0,7 för såväl spridning från spillning som hamnar direkt i älven som från spillning som hamnar i våtmark. För de pulsartade spridningsförloppen är sannolikheterna betydligt lägre.

- Utifrån den modell som använts i analysen kan konstateras att den kontinuerliga halten av oocystor i Göta älv till följd av strandbetande djur till stor del beror av i vilken omfattning djuren släpper spillning direkt i älven och i våtmarken. Möjliga principiella riskreducerande åtgärder skulle därmed inriktas mot att förhindra djur att vistas i dessa partier.
- Att minska det totala antalet betande djur ger effekt vad gäller halterna av oocystor i älven. Analysen visar dock att en reduktion till ca 45 djur inom försöksområdet, vilket ungefär motsvarar dagens antal (2002), skulle ge halter som tydligt överskrider de acceptabla. Därmed minskar inte sannolikheten att acceptabla halter skall överskridas i någon större omfattning.
- Den genomförda riskanalysen är översiktlig och på grund av de begränsade möjligheterna till fältobservationer och tillgängliga data för svenska förhållanden, har förenklingar och överslagsmässiga bedömningar varit nödvändiga. Analysen indikerar dock att hälsoriskerna med strandbetande nötkreatur inom Göta älvdalen inte bör försummas, men också att en fördjupad analys bör genomföras för att mera noggrant beskriva risknivåerna.
- I det fortsatta arbetet bör i första hand de ovan angivna osäkerheterna närmare studeras, dvs. hur spillningen fördelas inom området, hur spridningsmekanismerna ser ut i samband med nederbörd, översvämning och i våtmark, samt hur många oocystor som avges från smittade djur.

6 Referenser

6.1 Skriftliga

Albihn Ann och Stenström Thor Axel, *Systemanalys VA – Hygienstudie*, VA-Forsk Rapport 98:16.

Ale kommun, *Göta älvs dalgång – Miljökonsekvensbeskrivning*, Samrådsupplaga juni 1998.

Alelyckan, *Flödesmätningar i Göta älv vid Lilla Edet och Lärjeholm*, juni 2001–juli 2002.
Christensson Dan, Laborator Avd för parasitologi SVA, pers med 2002-08-16.

Ares-Mazás M E, Fernández-da Ponte B, Vergara-Castiblanco C A, Freire-Santos F, Quílez-Cinca J, Causapé-Valenzuela A C och Sánchez-Acedo C, *Oocysts, IgG levels and immunoblot patterns determined for Cryptosporidium parvum in bovine examined during a visit to a farm (northeastern Spain)*, Veterinary Parasitology vol 81 nr 3, 1999.

Atwill E R, Johnson E, Klingborg D J, Veserat G M, Markegard G, Jensen W A, Pratt D W, Delmas R E, George H A, Forero L C, Philips R L, Barry S J, McDougald N K, Gisdersleeve R R och Frost W E, *Age, geographic, and temporal distribution of fecal shedding of Cryptosporidium parvum oocysts in cow-calf herds*, American Journal of Veterinary Research vol 60 nr 4, 1999.

Christensson Dan, Laborator Avd för parasitologi SVA, pers med 2002-08-16.

CTH, Institutionen för vattenbyggnad, *Göta älv – En hydrologisk analys av transport och blandningsprocesser*, 1972.

Fayer Ronald, *Cryptosporidium and Cryptosporidiosis*, 1997.

Fayer R, Morgan U och Upton S J, *Epidemiology of Cryptosporidium: transmission, detection and identification*, International Journal for Parasitology nr 30, 2000a.

Fayer R, Trout J M, Graczyk T K och Lewis E J, *Prevalence of Cryptosporidium, Giardia and Eimeria infections in post-weaned and adult cattle on three Maryland farms*, Veterinary Parasitology vol 93 nr 2, 2000b.

Garber L P, Salman M D, Hurd H S, Keefe T och Schlater J L, *Potential risk factors for Cryptosporidium infection in dairy calves*, Journal of the American Veterinary Medical Association vol 205 nr 1, 1994.

Göteborgs Hamn, *Fördelning av hög- och lågvattenstillfällan i Göteborgs hamn 1940–1953*.

Göteborgs VA-verk, *Regnstatistik 2001*.

K-State Parasitology Laboratory, Division of Biology, Kansas State University, www.ksu.edu/parasitology/, 2002-06-19.

Maldonado-Camargo S, Atwill E R, Saltijeral-Oaxaca J A och Herrera-Alonso L C, *Prevalence of and risk factors for shedding of Cryptosporidium parvum in Holstein Friesian dairy calves in central México*, Preventive Veterinary Medicine 36, 1998.

Olson M E, Guselle N J, O'Handley R M, Swift M L, McAllister T A, Jelinski M D och Morck D W, *Giardia and Cryptosporidium in dairy calves in British Columbia*, The Canadian Veterinary Journal vol 38 nr 11, 1997a.

Olson M E, Thorlakson C L, Deselliers L, Morck D W och McAllister T A, *Giardia and Cryptosporidium in Canadian farm animals*, Veterinary Parasitology 68, 1997b.

Ong C, Moorehead W, Ross A och Isaac-Renton J, *Studies of Giardia spp. and Cryptosporidium spp. in two adjacent watersheds*, Applied and Environmental Microbiology, augusti 1996.

Ono K, Tsuji H, Rai S K, Yamamoto A, Masuda K, Endo T, Hotta H, Kawamura T och Uga S, *Contamination of river water by Cryptosporidium parvum oocysts in western Japan*, Applied and Environmental Microbiology, September 2001.

Projektör ekonomisk förening, *Väg 45: delen Angeredsbron-Älvängen, Beräkning av återkomsttider för vattennivåer längs sträckan Angeredsbron-Älvängen, 2000-12-18*.

Quílez J, Sánchez-Acedo C, del Cacho E, Clavel A och Causapé A C, *Prevalence of Cryptosporidium and Giardia infections in cattle in Aragón (northeastern Spain)*, Veterinary Parasitology 66, 1996.

Robertson L J, Campbel A T och Smith H V, *Survival of Cryptosporidium parvum oocysts under various environmental pressures*, Applied and Environmental Microbiology vol 58 nr 11, 1992.

Rose J B, Huffman D E och Gennaccaro A, *Risk and control of waterborne cryptosporidiosis*, FEMS Microbiology Reviews nr 26, 2002.

SCB, www.scb.se, 2002-05-31.

Scott C A, Smith H V, Mtambo M M A och Gibbs H A, *An epidemiological study of Cryptosporidium parvum in two herds of adult beef cattle*, Veterinary Parasitology 57, 1995.

Sischo WM, Atwill ER, Lanyon L E och George J, *Cryptosporidia on dairy farms and the role these farms may have in contaminating surface water supplies in the northeastern United States*, Preventive Veterinary Medicine 43, 2000.

Vägverket Region Väst och Banverket, Västra banregionen, *Väg 45 och NorgeVänernbanan, Delutredning – Kompensationsåtgärder*, Remisshandling februari 2002.

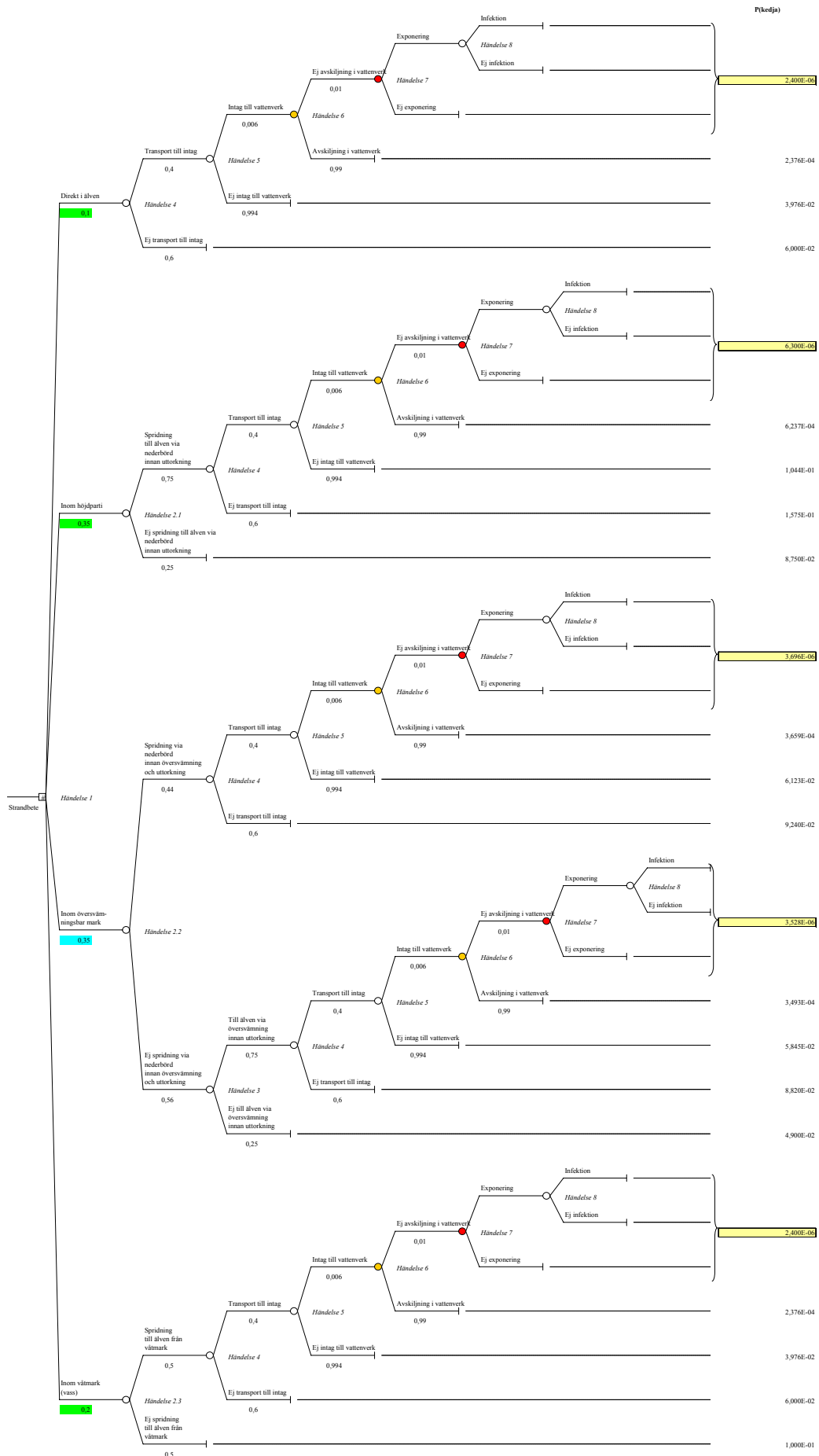
6.2 Muntliga

Björkman Camilla, Forskare Avd för idisslarmedicin SLU, pers med 2002-06-04.

Carlsson Lisbeth, Jordbruksverket, pers med 2002-06-05.

Ljunggren Olle, Göteborgs VA-verk, pers med 2002-08-15.

BILAGA 1. HÄNDELSETRÄD



Crystal Ball Report

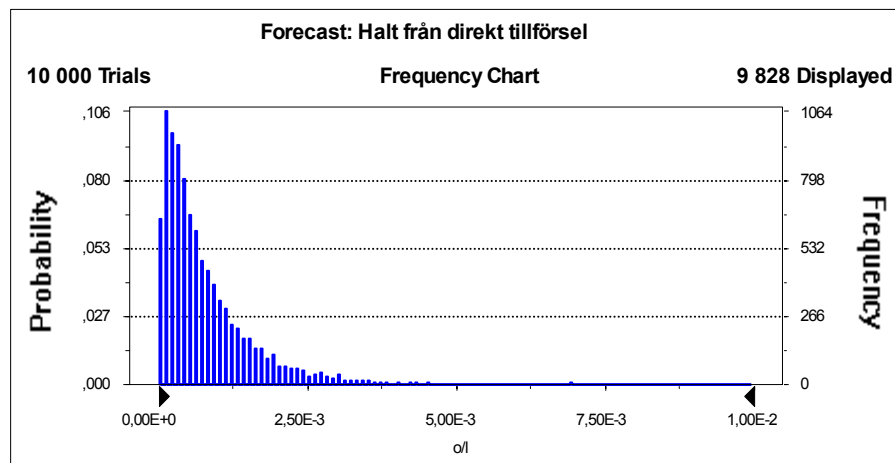
Simulation started on 03-05-07 at 10:40:41
 Simulation stopped on 03-05-07 at 10:44:25

Forecast: Halt från direkt tillförsel

Summary:

Display Range is from 0,00E+0 to 1,00E-2 o/l
 Entire Range is from -4,26E-1 to 1,77E-1 o/l
 After 10 000 Trials, the Std. Error of the Mean is 6,40E-5

Statistics:	Value
Trials	10000
Mean	8,32E-04
Median	5,64E-04
Mode	---
Standard Deviation	6,40E-03
Variance	4,09E-05
Skewness	- 32,68
Kurtosis	2 303,26
Coeff. of Variability	7,69
Range Minimum	-4,26E-01
Range Maximum	1,77E-01
Range Width	6,03E-01
Mean Std. Error	6,40E-05



BILAGA 2. BERÄKNINGSRESULTAT OCH STATISTISKA ANTAGANDEN

Forecast: Halt från direkt tillförsel (cont'd)

Percentiles:

<u>Percentile</u>	<u>o/l</u>
0,0%	-4,26E-01
2,5%	4,34E-05
5,0%	7,37E-05
50,0%	5,64E-04
95,0%	2,68E-03
97,5%	3,51E-03
100,0%	1,77E-01

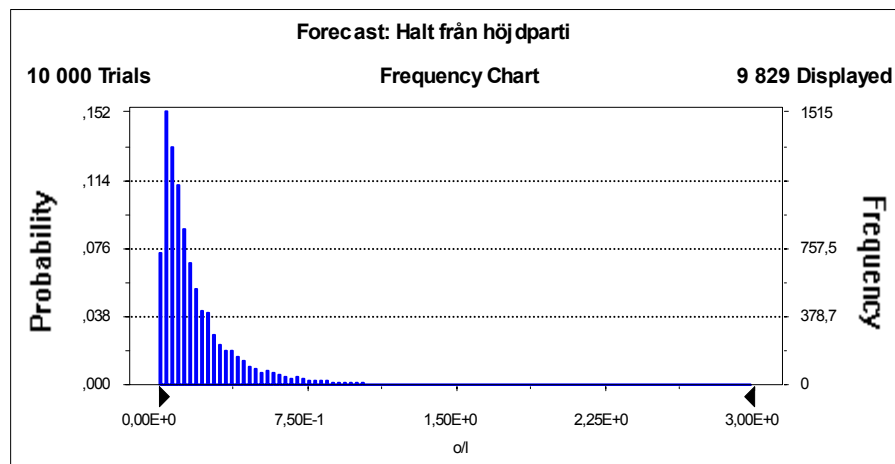
End of Forecast

Forecast: Halt från höjdparti

Summary:

Display Range is from 0,00E+0 to 3,00E+0 o/l
 Entire Range is from -2,15E+2 to 4,91E+1 o/l
 After 10 000 Trials, the Std. Error of the Mean is 2,50E-2

Statistics:	Value
Trials	10000
Mean	1,90E-01
Median	1,27E-01
Mode	---
Standard Deviation	2,50E+00
Variance	6,24E+00
Skewness	- 65,54
Kurtosis	5 617,01
Coeff. of Variability	13,13
Range Minimum	-2,15E+02
Range Maximum	4,91E+01
Range Width	2,64E+02
Mean Std. Error	2,50E-02



BILAGA 2. BERÄKNINGSRESULTAT OCH STATISTISKA ANTAGANDEN

Forecast: Halt från höjdparti (cont'd)

Percentiles:

<u>Percentile</u>	<u>o/l</u>
0,0%	-2,15E+02
2,5%	1,33E-02
5,0%	2,18E-02
50,0%	1,27E-01
95,0%	7,10E-01
97,5%	1,02E+00
100,0%	4,91E+01

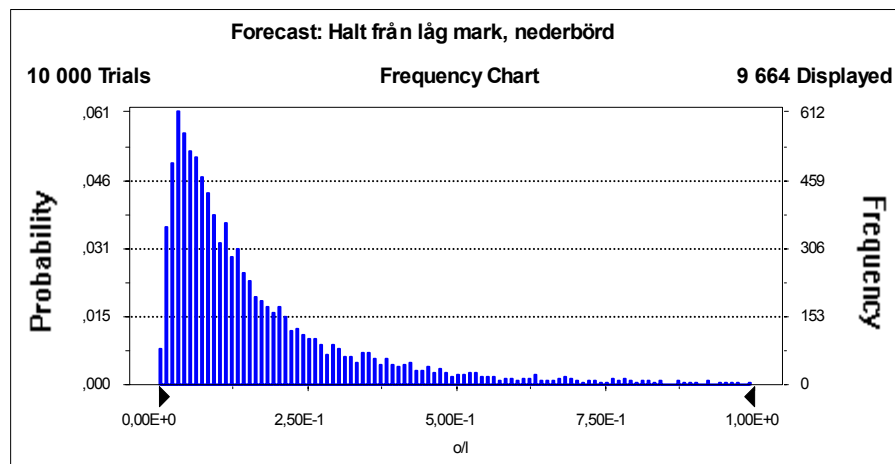
End of Forecast

Forecast: Halt från låg mark, nederbörd

Summary:

Display Range is from 0,00E+0 to 1,00E+0 o/l
 Entire Range is from -1,79E+2 to 4,66E+1 o/l
 After 10 000 Trials, the Std. Error of the Mean is 2,16E-2

Statistics:	Value
Trials	10000
Mean	1,67E-01
Median	1,14E-01
Mode	---
Standard Deviation	2,16E+00
Variance	4,68E+00
Skewness	- 59,90
Kurtosis	4 855,33
Coeff. of Variability	12,97
Range Minimum	-1,79E+02
Range Maximum	4,66E+01
Range Width	2,26E+02
Mean Std. Error	2,16E-02



BILAGA 2. BERÄKNINGSRESULTAT OCH STATISTISKA ANTAGANDEN

Forecast: Halt från låg mark, nederbörd (cont'd)

Percentiles:

<u>Percentile</u>	<u>o/l</u>
0,0%	-1,79E+02
2,5%	1,14E-02
5,0%	1,88E-02
50,0%	1,14E-01
95,0%	6,63E-01
97,5%	9,28E-01
100,0%	4,66E+01

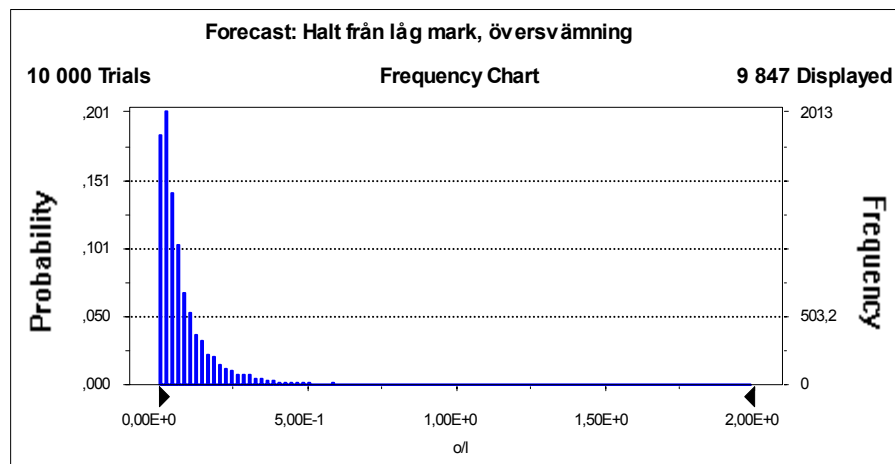
End of Forecast

Forecast: Halt från låg mark, översvämning

Summary:

Display Range is from 0,00E+0 to 2,00E+0 o/l
 Entire Range is from -1,04E+2 to 5,10E+1 o/l
 After 10 000 Trials, the Std. Error of the Mean is 1,34E-2

Statistics:	Value
Trials	10000
Mean	9,19E-02
Median	5,38E-02
Mode	---
Standard Deviation	1,34E+00
Variance	1,80E+00
Skewness	- 41,06
Kurtosis	3 937,45
Coeff. of Variability	14,60
Range Minimum	-1,04E+02
Range Maximum	5,10E+01
Range Width	1,55E+02
Mean Std. Error	1,34E-02



Forecast: Halt från låg mark, översvämning (cont'd)

Percentiles:

<u>Percentile</u>	<u>o/l</u>
0,0%	-1,04E+02
2,5%	4,41E-03
5,0%	7,26E-03
50,0%	5,38E-02
95,0%	3,38E-01
97,5%	5,11E-01
100,0%	5,10E+01

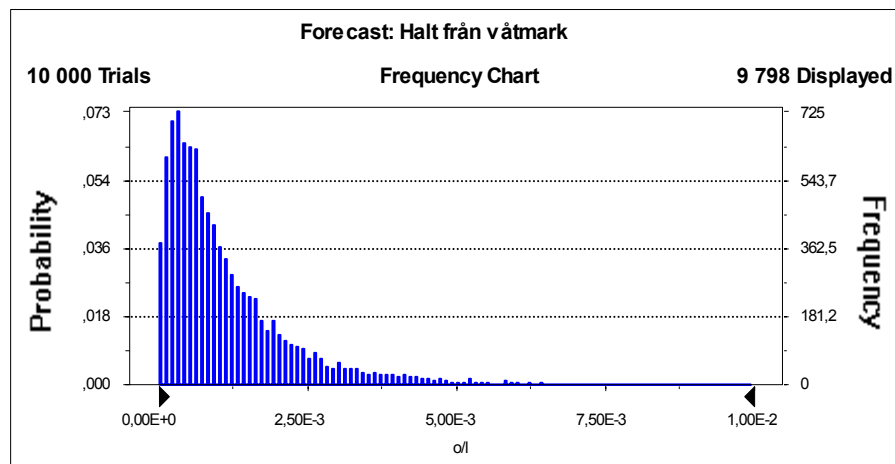
End of Forecast

Forecast: Halt från våtmark

Summary:

Display Range is from 0,00E+0 to 1,00E-2 o/l
 Entire Range is from -1,87E+0 to 2,40E-1 o/l
 After 10 000 Trials, the Std. Error of the Mean is 2,00E-4

Statistics:	Value
Trials	10000
Mean	1,06E-03
Median	8,16E-04
Mode	---
Standard Deviation	2,00E-02
Variance	4,02E-04
Skewness	- 81,30
Kurtosis	7 609,53
Coeff. of Variability	18,95
Range Minimum	-1,87E+00
Range Maximum	2,40E-01
Range Width	2,11E+00
Mean Std. Error	2,00E-04



BILAGA 2. BERÄKNINGSRESULTAT OCH STATISTISKA ANTAGANDEN

Forecast: Halt från våtmark (cont'd)

Percentiles:

<u>Percentile</u>	<u>o/l</u>
0,0%	-1,87E+00
2,5%	4,29E-05
5,0%	9,95E-05
50,0%	8,16E-04
95,0%	3,83E-03
97,5%	5,18E-03
100,0%	2,40E-01

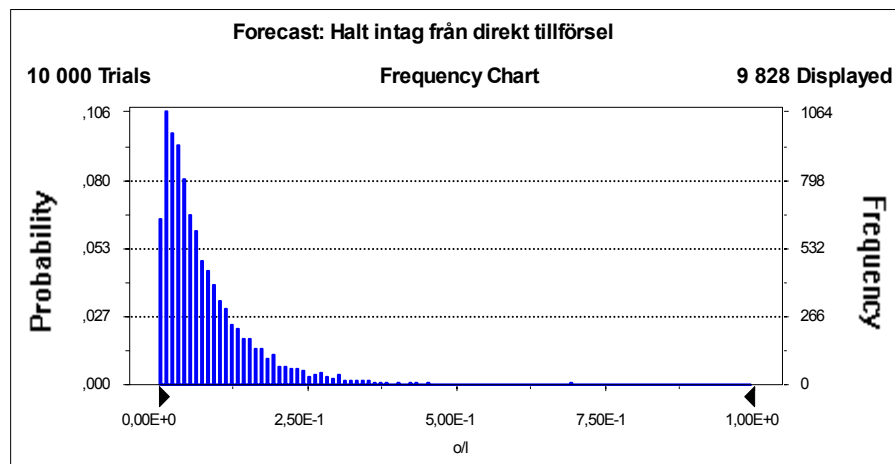
End of Forecast

Forecast: Halt intag från direkt tillförsel

Summary:

Display Range is from 0,00E+0 to 1,00E+0 o/l
 Entire Range is from -4,26E+1 to 1,77E+1 o/l
 After 10 000 Trials, the Std. Error of the Mean is 6,40E-3

Statistics:	Value
Trials	10000
Mean	8,32E-02
Median	5,64E-02
Mode	---
Standard Deviation	6,40E-01
Variance	4,09E-01
Skewness	- 32,68
Kurtosis	2 303,26
Coeff. of Variability	7,69
Range Minimum	-4,26E+01
Range Maximum	1,77E+01
Range Width	6,03E+01
Mean Std. Error	6,40E-03



Forecast: Halt intag från direkt tillförsel (cont'd)

Percentiles:

<u>Percentile</u>	<u>o/l</u>
0,0%	-4,26E+01
2,5%	4,34E-03
5,0%	7,37E-03
50,0%	5,64E-02
95,0%	2,68E-01
97,5%	3,51E-01
100,0%	1,77E+01

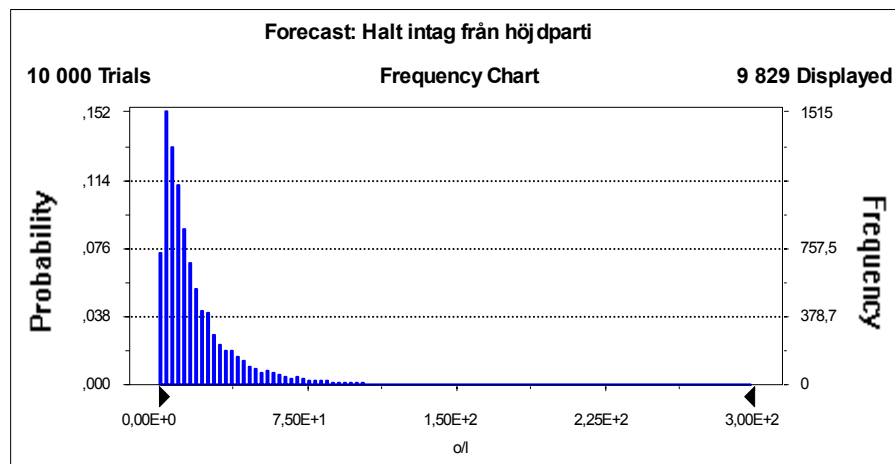
End of Forecast

Forecast: Halt intag från höjdparti

Summary:

Display Range is from 0,00E+0 to 3,00E+2 o/l
 Entire Range is from -2,15E+4 to 4,91E+3 o/l
 After 10 000 Trials, the Std. Error of the Mean is 2,50E+0

Statistics:	Value
Trials	10000
Mean	1,90E+01
Median	1,27E+01
Mode	---
Standard Deviation	2,50E+02
Variance	6,24E+04
Skewness	- 65,54
Kurtosis	5 617,01
Coeff. of Variability	13,13
Range Minimum	-2,15E+04
Range Maximum	4,91E+03
Range Width	2,64E+04
Mean Std. Error	2,50E+00



BILAGA 2. BERÄKNINGSRESULTAT OCH STATISTISKA ANTAGANDEN

Forecast: Halt intag från höjdparti (cont'd)

Percentiles:

<u>Percentile</u>	<u>o/l</u>
0,0%	-2,15E+04
2,5%	1,33E+00
5,0%	2,18E+00
50,0%	1,27E+01
95,0%	7,10E+01
97,5%	1,02E+02
100,0%	4,91E+03

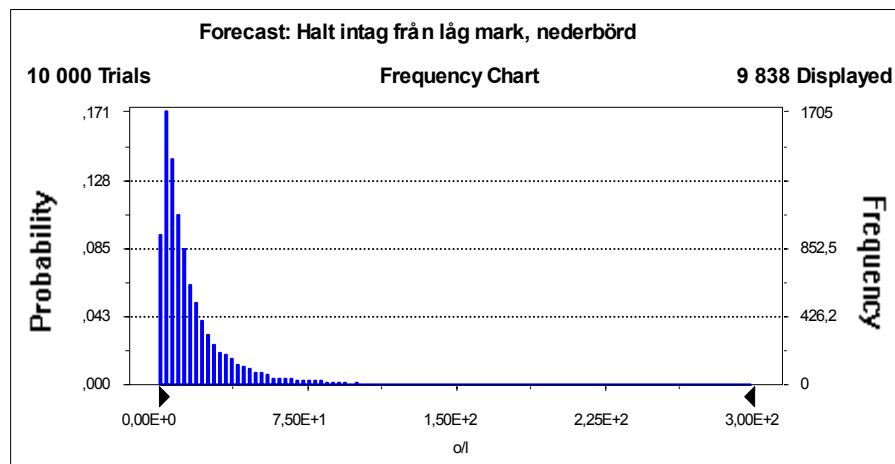
End of Forecast

Forecast: Halt intag från låg mark, nederbörd

Summary:

Display Range is from 0,00E+0 to 3,00E+2 o/l
 Entire Range is from -1,79E+4 to 4,66E+3 o/l
 After 10 000 Trials, the Std. Error of the Mean is 2,16E+0

Statistics:	Value
Trials	10000
Mean	1,67E+01
Median	1,14E+01
Mode	---
Standard Deviation	2,16E+02
Variance	4,68E+04
Skewness	- 59,90
Kurtosis	4 855,33
Coeff. of Variability	12,97
Range Minimum	-1,79E+04
Range Maximum	4,66E+03
Range Width	2,26E+04
Mean Std. Error	2,16E+00



BILAGA 2. BERÄKNINGSRESULTAT OCH STATISTISKA ANTAGANDEN

Forecast: Halt intag från låg mark, nederbörd (cont'd)

Percentiles:

<u>Percentile</u>	<u>o/l</u>
0,0%	-1,79E+04
2,5%	1,14E+00
5,0%	1,88E+00
50,0%	1,14E+01
95,0%	6,63E+01
97,5%	9,28E+01
100,0%	4,66E+03

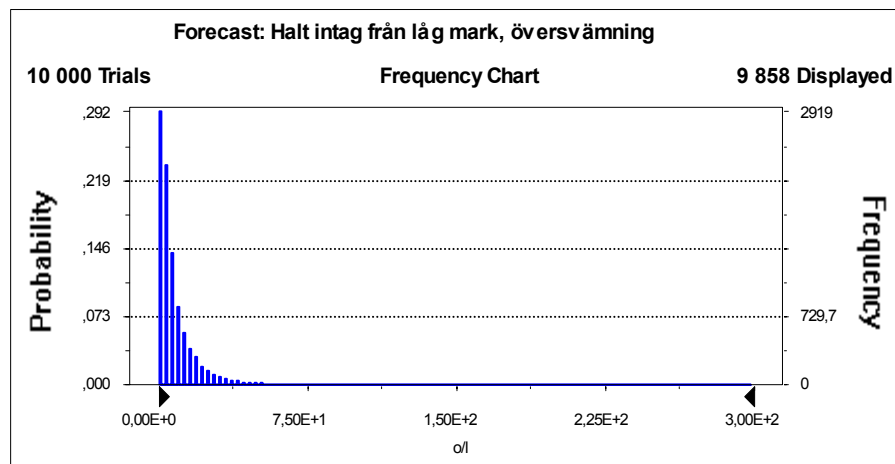
End of Forecast

Forecast: Halt intag från låg mark, översvämning

Summary:

Display Range is from 0,00E+0 to 3,00E+2 o/l
 Entire Range is from -1,04E+4 to 5,10E+3 o/l
 After 10 000 Trials, the Std. Error of the Mean is 1,34E+0

Statistics:	Value
Trials	10000
Mean	9,19E+00
Median	5,38E+00
Mode	---
Standard Deviation	1,34E+02
Variance	1,80E+04
Skewness	- 41,06
Kurtosis	3 937,45
Coeff. of Variability	14,60
Range Minimum	-1,04E+04
Range Maximum	5,10E+03
Range Width	1,55E+04
Mean Std. Error	1,34E+00



Forecast: Halt intag från låg mark, översvämning (cont'd)

Percentiles:

<u>Percentile</u>	<u>o/l</u>
0,0%	-1,04E+04
2,5%	4,41E-01
5,0%	7,26E-01
50,0%	5,38E+00
95,0%	3,38E+01
97,5%	5,11E+01
100,0%	5,10E+03

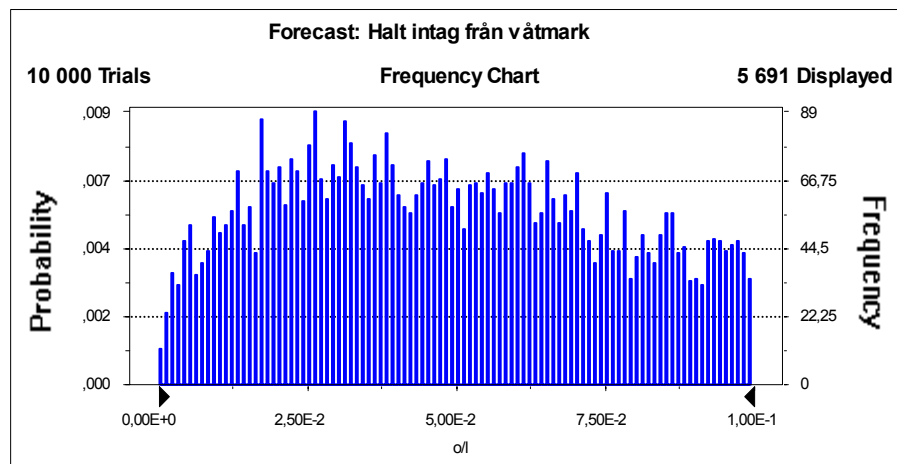
End of Forecast

Forecast: Halt intag från våtmark

Summary:

Display Range is from 0,00E+0 to 1,00E-1 o/l
 Entire Range is from -1,87E+2 to 2,40E+1 o/l
 After 10 000 Trials, the Std. Error of the Mean is 2,00E-2

Statistics:	Value
Trials	10000
Mean	1,06E-01
Median	8,16E-02
Mode	---
Standard Deviation	2,00E+00
Variance	4,02E+00
Skewness	- 81,30
Kurtosis	7 609,53
Coeff. of Variability	18,95
Range Minimum	-1,87E+02
Range Maximum	2,40E+01
Range Width	2,11E+02
Mean Std. Error	2,00E-02



BILAGA 2. BERÄKNINGSRESULTAT OCH STATISTISKA ANTAGANDEN

Forecast: Halt intag från våtmark (cont'd)

Percentiles:

<u>Percentile</u>	<u>o/l</u>
0,0%	-1,87E+02
2,5%	4,29E-03
5,0%	9,95E-03
50,0%	8,16E-02
95,0%	3,83E-01
97,5%	5,18E-01
100,0%	2,40E+01

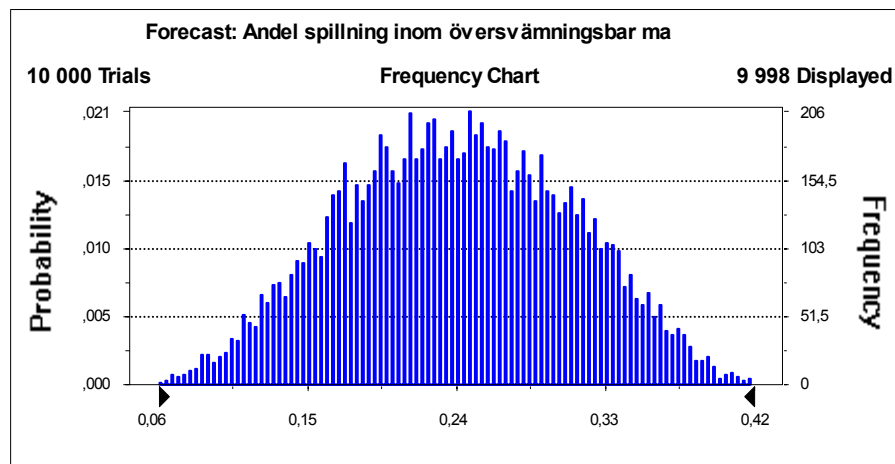
End of Forecast

Forecast: Andel spillning inom översvämningsbar ma

Summary:

Display Range is from 0,06 to 0,42
 Entire Range is from 0,06 to 0,42
 After 10 000 Trials, the Std. Error of the Mean is 0,00

Statistics:	<u>Value</u>
Trials	10000
Mean	0,24
Median	0,24
Mode	---
Standard Deviation	0,07
Variance	0,00
Skewness	0,00
Kurtosis	2,41
Coeff. of Variability	0,28
Range Minimum	0,06
Range Maximum	0,42
Range Width	0,37
Mean Std. Error	0,00



Forecast: Andel spillning inom översvämningsbar ma (cont'd)

Percentiles:

<u>Percentile</u>	<u>Value</u>
0,0%	0,06
2,5%	0,11
5,0%	0,13
50,0%	0,24
95,0%	0,36
97,5%	0,37
100,0%	0,42

End of Forecast

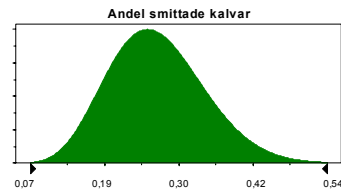
Assumptions

Assumption: Andel smittade kalvar

Beta distribution with parameters:

5% - tile	0,15
95% - tile	0,40
Scale	1,00

Selected range is from 0,00 to +Infinity

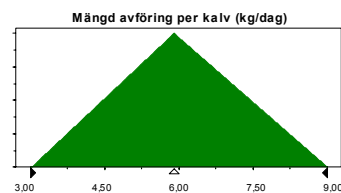


Assumption: Mängd avföring per kalv (kg/dag)

Triangular distribution with parameters:

Minimum	3,00
Likeliest	5,90
Maximum	9,00

Selected range is from 3,00 to 9,00

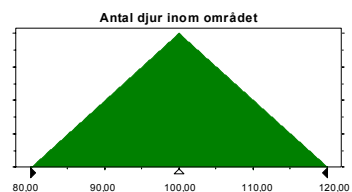


Assumption: Antal djur inom området

Triangular distribution with parameters:

Minimum	80,00
Likeliest	100,00
Maximum	120,00

Selected range is from 80,00 to 120,00

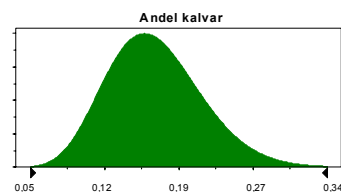


Assumption: Andel kalvar

Beta distribution with parameters:

5% - tile	0,10
95% - tile	0,25
Scale	1,00

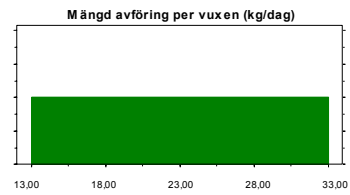
Selected range is from 0,00 to +Infinity



Assumption: Mängd avföring per vuxen (kg/dag)

Uniform distribution with parameters:

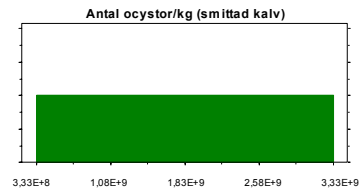
Minimum 13,00
Maximum 33,00



Assumption: Antal ocystor/kg (smittad kalv)

Uniform distribution with parameters:

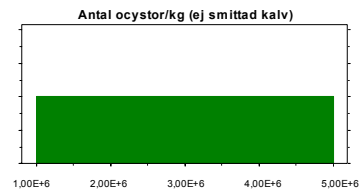
Minimum 3,33E+08
Maximum 3,33E+09



Assumption: Antal ocystor/kg (ej smittad kalv)

Uniform distribution with parameters:

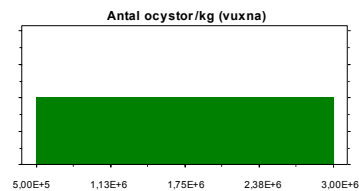
Minimum 1,00E+06
Maximum 5,00E+06



Assumption: Antal ocystor/kg (vuxna)

Uniform distribution with parameters:

Minimum 5,00E+05
Maximum 3,00E+06

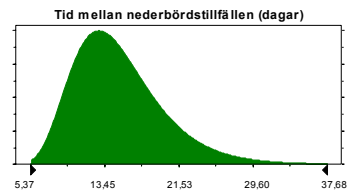


Assumption: Tid mellan nederbördstillfällen (dagar)

Lognormal distribution with parameters:

Mean 15,00
Standard Dev. 5,00

Selected range is from 0,00 to +Infinity

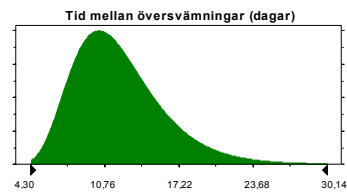


Assumption: Tid mellan översvämningar (dagar)

Lognormal distribution with parameters:

Mean 12,00
Standard Dev. 4,00

Selected range is from 0,00 to +Infinity

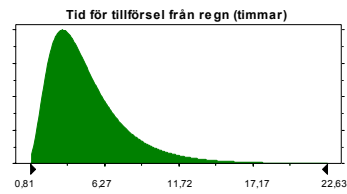


Assumption: Tid för tillförsel från regn (timmar)

Lognormal distribution with parameters:

Mean 5,00
Standard Dev. 3,00

Selected range is from 0,00 to +Infinity

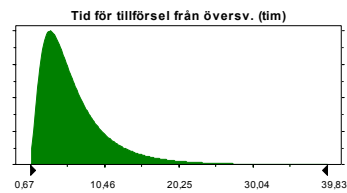


Assumption: Tid för tillförsel från översv. (tim)

Lognormal distribution with parameters:

Mean 6,50
Standard Dev. 5,00

Selected range is from 0,00 to +Infinity

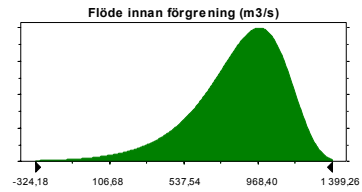


Assumption: Flöde innan förgrening (m³/s)

Extreme Value distribution with parameters:

Mode	968,40
Scale	215,43

Selected range is from -Infinity to +Infinity

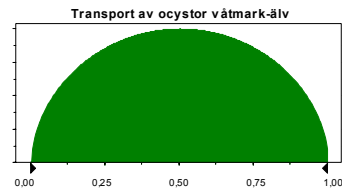


Assumption: Transport av ocystor våtmark-älv

Beta distribution with parameters:

5% - tile	0,10
95% - tile	0,90
Scale	1,00

Selected range is from 0,00 to +Infinity

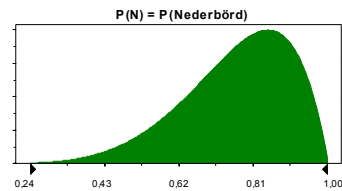


Assumption: P(N) = P(Nederbörd)

Beta distribution with parameters:

5% - tile	0,50
95% - tile	0,95
Scale	1,00

Selected range is from 0,00 to +Infinity

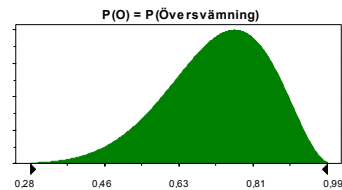


Assumption: P(O) = P(Översvämning)

Beta distribution with parameters:

5% - tile	0,50
95% - tile	0,90
Scale	1,00

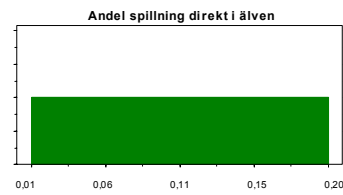
Selected range is from 0,00 to +Infinity



Assumption: Andel spillning direkt i älven

Uniform distribution with parameters:

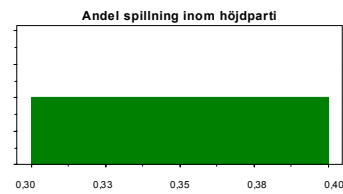
Minimum 0,01
Maximum 0,20



Assumption: Andel spillning inom höjdparti

Uniform distribution with parameters:

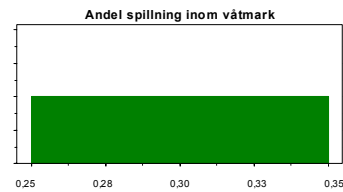
Minimum 0,30
Maximum 0,40



Assumption: Andel spillning inom våtmark

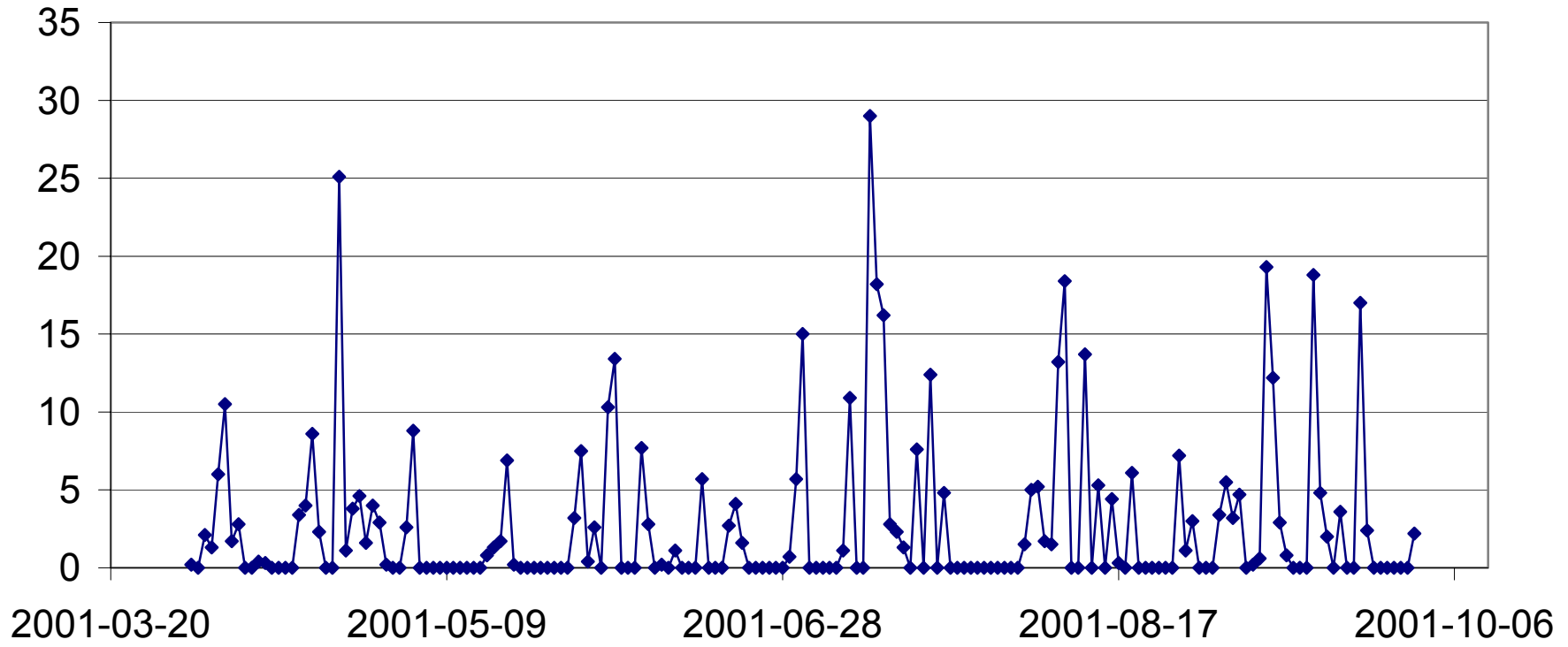
Uniform distribution with parameters:

Minimum 0,25
Maximum 0,35



End of Assumptions

Nederbörd [mm] 2001





Box 47607 117 94 Stockholm

Tfn 08-506 002 00

Fax 08-506 002 10

E-post svenskvatten@svenskvatten.se

www.svenskvatten.se