

# UNDERLAG FÖR RISKBASERAD HANTERING AV GÖDSEL FRÅN SALMONELLA- OCH VTEC-SMITTADE BESÄTTNINGAR



**Projektledare:** Josefine Elving

**Projektgrupp:** Ann Högberg, Estelle Ågren, Catrin Vesterlund-Carlson

SVAs rapportserie 46 ISSN 1654-7098

**Omslagsfoto:** Bengt Ekberg/SVA

**Rapporten tillgänglig via:** [www.sva.se](http://www.sva.se)



**besök.** Ulls väg 2 B **post.** 751 89 Uppsala  
**telefon.** 018 67 40 00 **fax.** 018 30 91 62  
**e-post.** [sva@sva.se](mailto:sva@sva.se) **webb.** [www.sva.se](http://www.sva.se)

# Sammanfattning

Smittämnen som förekommer i gödsel kan via spridning till åkermark resultera i kontamination av mark, vatten och grödor och spridas vidare till foder- och livsmedelskedjan. För att minska risken för att en mottaglig individ konsumerar en infektiös dos av smittämnet kan riskreducerande åtgärder baserade på naturliga barriärer (t.ex. tid mellan spridning av gödsel och skörd av grödor) eller behandlingsbarriärer (t.ex. hygienisering av gödsel med urea) användas. Det kan vara kostsamt och innebära praktiska problem att hantera gödsel från smittade besättningar. Därför har detta projekt genomförts, i syfte att ge underlag för ställningstagande om när åtgärder behöver vidtas och/eller restriktioner tillämpas i samband med spridning av gödsel från salmonella- eller VTEC (verotoxinproducerande *E. coli*)-smittade besättningar.

En kvalitativ riskvärdering har genomförts baserat på tillgänglig litteratur och expertkunskap. Riskvärderingen beskriver sannolikheten för att ett nötkreatur exponeras för en infektiös dos av smittämnen via intag av foder eller vatten som kontaminerats till följd av spridning av smittad gödsel på åkermark. Sannolikheten för exponering av en infektiös dos varierar beroende på lokala förutsättningar men även mellan smittämnen, eftersom den infektiösa dosen skiljer sig mellan salmonella och VTEC.

Den koncentration av smittämnen som finns i gödselpartiet vid spridningstillfället bedöms vara den faktor som har störst inverkan på sannolikheten för exponering för en infektiös dos. SVA gör bedömningen att koncentrationen av smittämnen i gödsel från smittade besättningar i många fall är låg vid det tillfälle som gödseln sprids till åkermark. Det finns dock situationer när det kan förekomma höga koncentrationer av smittämnen i gödselpartier. Det kan ur ett smittskyddsperspektiv inte anses rimligt att alla partier hanteras likvärdigt då sannolikheten för smittspridning kan antas variera stort mellan dessa olika gödselpartier. SVA föreslår därför att krav på hantering och restriktioner i spridning av naturgödsel från salmonella- och VTEC-smittade besättningar bör utgå från kategorisering av gödseln utifrån koncentrationen av smittämnen i gödselpartiet. Dock saknas i dagsläget delar av det underlag som krävs för att möjliggöra utarbetandet av en sådan metod.

# Innehåll

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Definitioner och förkortningar .....                                                 | 6         |
| <b>1 Bakgrund.....</b>                                                               | <b>8</b>  |
| <b>2 Jordbruk och djurhållning i Sverige .....</b>                                   | <b>9</b>  |
| <b>3 Lagring och spridning av naturgödsel .....</b>                                  | <b>10</b> |
| 3.1 LAGRING AV GÖDSEL.....                                                           | 11        |
| 3.2 SPRIDNING AV GÖDSEL .....                                                        | 11        |
| <b>4 Spridningsvägar och riskfråga.....</b>                                          | <b>12</b> |
| 4.1 SPRIDNINGSVÄGAR.....                                                             | 12        |
| 4.2 RISKFRÅGA.....                                                                   | 13        |
| 4.3 AVGRÄNSNINGAR .....                                                              | 13        |
| <b>5 Metod för riskvärdering.....</b>                                                | <b>15</b> |
| 5.1 INDIKATORORGANISMER.....                                                         | 15        |
| 5.2 TERMINOLOGI.....                                                                 | 16        |
| <b>6 Faroidentifiering och farokarakterisering.....</b>                              | <b>17</b> |
| 6.1 SALMONELLA.....                                                                  | 17        |
| 6.1.1 Sjukdomsbild .....                                                             | 17        |
| 6.1.2 Prevalens.....                                                                 | 17        |
| 6.2 VEROTOXINPRODUCERANDE <i>E. COLI</i> (VTEC) .....                                | 18        |
| 6.2.1 Sjukdomsbild .....                                                             | 18        |
| 6.2.2 Prevalens.....                                                                 | 18        |
| 6.3 SPRIDNING I MILJÖN.....                                                          | 19        |
| 6.3.1 Foder som vektor för smitta.....                                               | 20        |
| 6.3.2 Vatten som vektor för smitta.....                                              | 20        |
| 6.3.3 Djur som vektor för smitta .....                                               | 20        |
| <b>7 Exponeringsuppskattning .....</b>                                               | <b>22</b> |
| 7.1 SALMONELLA OCH VTEC I NATURGÖDSEL OCH BIOGÖDSEL VID SPRIDNING<br>TILL MARK ..... | 22        |
| 7.1.1 Inombesättningsprevalens .....                                                 | 22        |
| 7.1.2 Infektionsdos och utsöndringsgrad .....                                        | 23        |
| 7.1.3 Utspädning av träck till gödsel.....                                           | 23        |
| 7.1.4 Effekt av lagring av gödsel .....                                              | 24        |
| 7.1.4.1 Flytgödsel .....                                                             | 24        |
| 7.1.4.2 Fastgödsel och djupströbädd.....                                             | 25        |
| 7.1.5 Effekt av tillfällig lagring och kompostering i fält.....                      | 25        |
| 7.1.5.1 Inaktivering vid tillfällig lagring och kompostering i fält.....             | 26        |
| 7.1.5.2 Tillväxt i kalla zoner vid kompostering.....                                 | 26        |

|          |                                                                       |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.1.6    | Gårdsbaserad rötning .....                                            | 27        |
| 7.1.7    | Konklusion .....                                                      | 28        |
| 7.2      | SPRIDNING AV SALMONELLA OCH VTEC TILL MARK.....                       | 28        |
| 7.2.1    | Begränsning av mängd naturgödsel vid gödselspridning .....            | 28        |
| 7.2.2    | Spill och läckage av gödsel till jord/mark vid transport .....        | 30        |
| 7.2.3    | Översvämning av mark .....                                            | 30        |
| 7.2.4    | Överlevnad av salmonella och VTEC i/på jord/mark.....                 | 32        |
| 7.2.4.1  | Överlevnad, tillväxt och reduktion .....                              | 32        |
| 7.2.5    | Konklusion .....                                                      | 32        |
| 7.3      | KONTAMINATION AV GRÖDOR OCH FODER .....                               | 33        |
| 7.3.1    | Kontamination av bete och grödor i fält .....                         | 33        |
| 7.3.2    | Kontamination av grödor vid skörd .....                               | 34        |
| 7.3.3    | Konservering och lagring av foder .....                               | 35        |
| 7.3.3.1  | Fabriksproducerat pelleterat foder .....                              | 36        |
| 7.3.4    | Konklusion .....                                                      | 36        |
| 7.4      | TRANSPORT AV SMITTÄMNEN TILL VATTEN.....                              | 37        |
| 7.4.1    | Grundvatten.....                                                      | 37        |
| 7.4.2    | Ytvatten .....                                                        | 38        |
| 7.4.2.1  | Sediment och resuspension.....                                        | 39        |
| 7.4.2.2  | Modell för spridning av smitta till ytvatten .....                    | 40        |
| 7.4.3    | Konklusion .....                                                      | 41        |
| 7.5      | SMITTA TILL OCH FRÅN VEKTORDJUR .....                                 | 42        |
| 7.5.1    | Konklusion .....                                                      | 43        |
| 7.6      | SANNOLIKHET FÖR EXPONERING AV MOTTAGLIG VÄRD .....                    | 43        |
| 7.6.1    | Grundläggande antaganden för bedömning av exponeringsvägar .....      | 43        |
| 7.6.2    | Exponeringsvägar .....                                                | 45        |
| 7.6.2.1  | Från mark till foder .....                                            | 45        |
| 7.6.2.2  | Från mark till vatten .....                                           | 48        |
| <b>8</b> | <b>Risikkaraktisering .....</b>                                       | <b>52</b> |
| 8.1      | SAMMANFATTANDE BEDÖMNING AV AKTUELLA SPRIDNINGSVÄGAR.....             | 52        |
| 8.1.1    | Svar på frågor ställda av beställaren .....                           | 53        |
| 8.2      | SAMMANFATTANDE KOMMENTARER RÖRANDE OSÄKERHET OCH KUNSKAPSLUCKOR ..... | 55        |
| 8.2.1    | Osäkerhet.....                                                        | 55        |
| 8.2.2    | Kunskapsluckor .....                                                  | 57        |
| 8.3      | SAMMANFATTANDE KOMMENTARER RÖRANDE RISKFAKTORER.....                  | 58        |
| 8.3.1    | Vektordjur .....                                                      | 58        |
| 8.3.2    | Brister/störningar i produktion vid foderfabrik och vattenverk .....  | 58        |

|           |                                                                                                     |           |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 8.3.3     | Brister/störningar vid konservering av foder på gård .....                                          | 59        |
| 8.3.4     | Kontamination vid lagring .....                                                                     | 59        |
| 8.3.5     | Kontamination av anläggning samt foder- och vattentråg .....                                        | 60        |
| 8.3.6     | Tillväxt av smittämnen.....                                                                         | 60        |
| 8.3.7     | Jordinblandning i foder .....                                                                       | 60        |
| 8.3.8     | Kort avstånd i tid/rum mellan kontaminationshändelse och<br>exponeringstillfälle.....               | 60        |
| 8.3.9     | Teknikförändringar .....                                                                            | 61        |
| <b>9</b>  | <b>Riskreducerande åtgärder .....</b>                                                               | <b>62</b> |
| 9.1       | IDENTIFIERADE RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER .....                                                        | 62        |
| 9.2       | KOMMENTARER RÖRANDE EFFEKTEN AV RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER..                                          | 62        |
| <b>10</b> | <b>Råd gällande spridning av gödsel från smittade besättningar.....</b>                             | <b>64</b> |
| 10.1      | GÄLLANDE RÅD FÖR SPRIDNING AV GÖDSEL FRÅN KÄNT SMITTADE<br>BESÄTTNINGAR.....                        | 64        |
| 10.2      | FÖRSLAG RÖRANDE UPPDATERING AV RÅD FÖR SPRIDNING AV GÖDSEL<br>FRÅN KÄNT SMITTADE BESÄTTNINGAR ..... | 64        |
|           | <b>Referenser.....</b>                                                                              | <b>66</b> |

# Definitioner och förkortningar

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Biogödsel                | Rötrest från en anläggning som rötar gödsel                                                                                                                                                                                                                    |
| CFU                      | Koloniformande enhet (Colony Forming Unit). Enheten används för att beskriva antal bakterier.                                                                                                                                                                  |
| D-värde                  | Den tid som under givna förhållanden krävs för att uppnå 90 % reduktion ( $1 \log_{10}$ ) av den exponerade mikroorganismen                                                                                                                                    |
| <i>E. coli</i>           | <i>Escherichia coli</i>                                                                                                                                                                                                                                        |
| Gårdsproducerad spannmål | Spannmål producerad på samma gård som det används och som ej genomgått värmebehandling utan torkas och lagras på gården.                                                                                                                                       |
| Gödselstuka              | En mellanlagring av fasta gödselslag på mark utomhus där gödseln läggs i en limpformad hög. Gödselstukor används av två anledningar, tillfällig lagring eller kompostering i fält.                                                                             |
| HACCP                    | Hazard Analysis and Critical Control Points, ett system som identifierar, utvärderar och styr faror som är viktiga för foder- och livsmedelssäkerheten.                                                                                                        |
| HRT                      | Hydraulisk uppehållstid, dvs. medeluppehållstiden som en given mängd material förblir i biogasreaktorn.                                                                                                                                                        |
| Inkorporering            | Plöjning eller nedmyllning av gödsel i mark.                                                                                                                                                                                                                   |
| Internalisering          | Upptag av bakterier i grödor.                                                                                                                                                                                                                                  |
| Markvatten               | Det vatten som finns i marken ovanför grundvattenytan.                                                                                                                                                                                                         |
| Mättad zon               | Grundvattenzonen, det område i marken som befinner sig under grundvattenytan                                                                                                                                                                                   |
| Naturgödsel              | Samlingsbegrepp för träck, urin, vatten och strömedel i olika proportioner. Här inkluderas djupströbädd, fastgödsel och flytgödsel från produktionsdjur. Naturgödsel är en animalisk biprodukt som omfattas av EU-lagstiftning rörande animaliska biprodukter. |
| Predation                | Process där protozoer ”äter upp” bakterier.                                                                                                                                                                                                                    |
| Riskreducerande barriär  | Process som reducerar mängden smittämnen i ett material t.ex. värmebehandling.                                                                                                                                                                                 |

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Semikontinuerlig lagring | Lagring där ny gödsel tillförs gödselbrunnen dagligen.                                                                                                                                                                                                                  |
| Trindsäd                 | Odlade storfröiga ärtväxter, såsom ärter, vickrar, lupiner och bönor.                                                                                                                                                                                                   |
| TS- halt                 | Torrsubstanshalt.                                                                                                                                                                                                                                                       |
| VBNC                     | Levnadsdugliga men ej odlingsbara (Viable but nonculturable). Ett stadie där bakterier inte är odlingsbara då deras metabola aktivitet är mycket låg och ingen delning sker. Dock är de fortfarande levande och har förmågan att återgå till ett odlingsbart stadie.    |
| Vektordjur               | Med vektordjur avses icke-produktionsdjur, t.ex. råttor, möss, fåglar, hjortar och vildsvin. Vektordjur kan smittas och föra in smitta i flera olika delar av de identifierade spridningsvägarna, var och i vilken grad torde variera mellan olika typer av vektordjur. |
| Verotoxin                | Ett toxin som bildas av vissa <i>E. coli</i> stammar, även kallat shigatoxin.                                                                                                                                                                                           |
| VTEC                     | Verotoxinproducerande <i>E. coli</i> .                                                                                                                                                                                                                                  |



# 1 Bakgrund

Spridning av naturgödsel till odlingsmark bidrar till minskade kvittblivningsproblem och sänkta produktionskostnader samtidigt som värdefulla näringsämnen återförs till marken och genererar ökad avkastning av gröda. Utöver risken att gödselspridning kan bidra till att alltför stora mängder växtnäringsämnen tillförs marken, med övergödning som resultat, kan materialet som sprids på odlingsmark även innehålla olika smittämnen. Beroende på hur dessa smittämnen påverkas av den miljö som de möter utanför sin värd så kan gödselspridning utgöra en hälsorisk för djur och människor genom att mark, grödor och vattentillgångar kontamineras.

Generellt beror smittämnens öde efter att de spridits i miljön på deras förmåga att överleva och transporteras i miljön. Antalet möjliga spridningsvägar är många och de faktorer som påverkar spridningsvägarna är ännu fler. De idag aktuella bestämmelserna gällande lagring och spridning av gödsel är inte utformade för att begränsa spridning av de smittämnen som potentiellt kan förekomma i naturgödsel. Istället syftar bestämmelserna till att minska växtnäringsläckage samt till att styra spridning av naturgödsel till tidpunkter då grödan bäst kan tillgodogöra sig växtnäringen. Trots att åtgärderna främst avser att minska växtnäringsläckage kan de i vissa fall även fungera som naturliga barriärer för spridning av smittämnen.

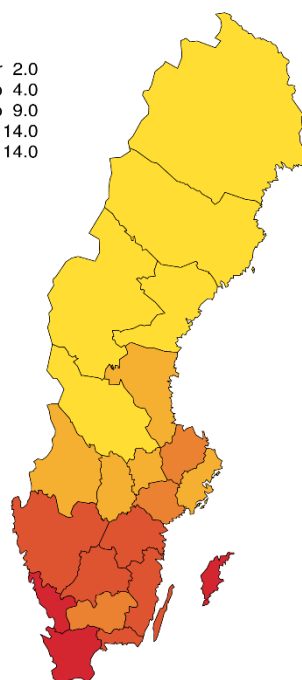
Barriärer kan indelas i behandlingsbarriärer som via aktiv behandling av materialet, t.ex. hygienisering med urea, syftar till att minska koncentrationen av smittämnen i materialet som appliceras till mark, och naturliga barriärer som genom restriktioner i spridning minskar sannolikheten för exponering. I dagsläget tillämpas båda typer av barriärer i besättningar spärrade för salmonellainfektion besättningar. Motsvarande arbetssätt saknas i besättningar där verotoxinproducerande *E. coli* (VTEC) konstaterats.

Följande rapport tillhandahåller ett underlag för ställningstagande om när behov av åtgärder föreligger i salmonella- eller VTEC-smittade besättningar för att förhindra exponering av nötkreatur i osmittade besättningar. Syftet med detta underlag är att ge riskhanterande myndighet möjlighet att besluta om åtgärder så att ett gott smittskyddsläge ska kunna bibehållas.

## 2 Jordbruk och djurhållning i Sverige

Under 2017 utgjordes drygt 7 % av Sveriges landareal av jordbruksmark (inkl. åkermark, betesmark och slåtteräng). Jordbruksmarken återfinns i hela Sverige men är ojämnt fördelad över landet; exempelvis utgörs närmare hälften av ytan i Skånes län av jordbruksmark medan mindre än 5 % av arealen i Västernorrlands och Norrbottens län utgörs av jordbruksmark. De två grödgrupper som upptar störst andel av arealen är vall och grönfoderväxter (36 %) samt spannmål (34 %), medan baljväxter tar upp mindre än 5 % av arealen. Bete, vallfoder och spannmål utgör de största inhemska foderkomponenterna. (Jordbruksverket, 2017)

under 2.0  
2.0 to 4.0  
4.0 to 9.0  
9.0 to 14.0  
over 14.0



Figur 1. Antal nötkreatur per km<sup>2</sup> i Sveriges 21 län i juni 2016. (källa: Surveillance of infectious diseases in animals and humans in Sweden 2016, SVA 2017)

I juli 2017 fanns det ca 16 700 besättningar med ca 1 501 300 nötkreatur i Sverige. Medelbesättningen var störst i Hallands och Skåne län och minst i Jämtland och Västerbotten. Antalet nötkreatur är ojämnt fördelat över landet (figur 1), och på länsnivå ses skillnader mellan norra Sverige, där djurtätheten är under 2 nötkreatur per kvadratkilometer och Skåne och Hallands län samt Öland, där antalet nötkreatur per kvadratkilometer är över 14.

Typ av gödsel från en besättning kan variera beroende på djurhållning och djurgrupp (tabell 1). Samtliga gödselslag innehåller organiskt material samt växtnäringssämnen (kväve, fosfor, kalium, svavel och mikronäringssämnen) och kan potentiellt innehålla smittämnen som utsöndras från besättningen från vilken materialet härstammar.

Tabell 1. Sammanfattning av huvudsakliga system för djurhållning av nötkreatur i Sverige.

| Djurgrupp                                 | Relevanta gödselslag                       |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Uppbundna ungdjur eller vuxna djur        | Fastgödsel eller flytgödsel                |
| Ungdjur eller vuxna djur i lösdrift/boxar | Fastgödsel, djupströbädd eller flytgödsel  |
| Kalvar, grupphållning                     | Fastgödsel, djupsströbädd eller flytgödsel |
| Kalvar i ensamboxar                       | Fastgödsel <sup>a</sup>                    |
| Dikor med kalv                            | Fastgödsel, djupströbädd eller flytgödsel  |

<sup>a</sup> Kalvar som står i ensambox har vanligen en ströbädd, men den fungerar sällan som en djupströbädd.

### 3 Lagring och spridning av naturgödsel

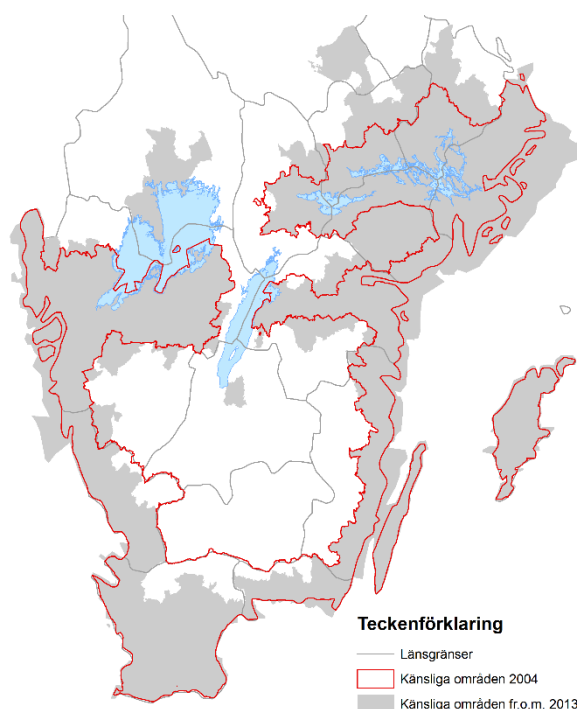
Lagring och spridning av gödsel styrs via bestämmelser i bl.a. miljöbalkens allmänna hänsynsregler (SFS 1998:808, kapitel 2), förordningen om miljöhänsyn i jordbruket (SFS 1998:915), Jordbruksverkets föreskrifter om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring (SJVFS 2004:62), Jordbruksverkets föreskrifter om natur- och kulturvärden i jordbruket (SJVFS 1999:119) samt lokala bestämmelser.

Hänsynsreglerna i miljöbalken motsvarar den minsta miljöhänsyn som verksamheten måste visa och ligger till grund för föreskrifter och allmänna råd. Till skillnad från förordningen och föreskrifterna är de allmänna råden inte bindande. De allmänna råden är rekommendationer som beskriver hur man kan gå tillväga för att uppfylla kraven i lagstiftningen. Det står verksamhetsutövaren fritt att välja en annan lösning om den kan anses uppfylla syftet med lagstiftningen dvs. motverka näringsläckage. Vid korrekt hantering ska gödselspridning bidra till en effektiv användning av näringsämnen i materialet utan att orsaka skada i miljön och utgöra en risk för människors hälsa.

I de områden som i enlighet med EU:s nitratdirektiv har definierats som känsliga för kväveföroreningar (se nitratkänsliga områden i figur 2) gäller utökade bestämmelser som syftar till att ytterligare minska växtnäringsförlusterna från jordbruket. Sverige delas utifrån detta in i 4 områden

- Utanför nitratkänsliga områden
- Utanför nitratkänsliga områden i Skåne, Blekinge och Halland
- I nitratkänsliga områden
- I nitratkänsliga områden i Skåne, Blekinge och Halland

Reglerna för spridning av gödsel kan variera beroende på i vilket område spridningen ska ske. Exempel på variationer mellan spridning i eller utanför nitratkänsliga områden är tidpunkter då gödsel får spridas, vilka spridningsmetoder som är tillåtna och hur stor gödselgiva som får spridas.



Figur 2. Karta över nitratkänsliga områden i Sverige (källa: Jordbruksverket).

### 3.1 LAGRING AV GÖDSEL

Lantbrukaren ansvarar för att lagringsutrymmen för gödsel ska vara utformade så att det inte sker något läckage eller avrinning till omgivningen. Storleken på lagringsutrymmet styrs utifrån geografiskt område (i eller utanför känsliga områden) och besättningsstorlek. Exempelvis krävs i en nötkreaturbesättning på >100 djurenheter en minsta lagringskapacitet på 8 månader. (SFS 1998:915)

Tillfällig lagring och kompostering i fält i gödselstuka räknas inte in i lagringsutrymmen och berörs i de vägledande Allmänna råden till 2 kap. 3§ miljöbalken. Utifrån de allmänna råden bör platsen för gödselstukan väljas så att läckage inte kan ske. För att begränsa transport av näringsämnen till vatten bör stukan inte placeras där översvämning, vattenansamlingar eller hög grundvattennivå kan uppstå under lagringstiden. Den bör inte heller placeras ovanför kända dräneringsledningar eller så att snabb genomrinning genom marken är möjlig.

### 3.2 SPRIDNING AV GÖDSEL

Hur stor mängd naturgödsel som får spridas till odlingsmark baseras på mängd av fosfor och kväve i materialet (8 § och 19a § i SJVFS 2015:21). Eftersom halten av dessa näringsämnen varierar mellan de olika gödselslagen skiljer sig även mängden gödsel som får spridas beroende på vilket gödselslag som sprids på odlingsmarken (tabell 2). Schablonvärden för växtnäringsinnehållet i olika gödselslag återfinns i ”Rekommendationer för gödsling och kalkning” (Jordbruksverket, 2016).

Tabell 2. Ton gödsel per ha och år baserat på den maximala givan av fosfor och kväve utanför och i nitratkänsliga områden i Sverige.

| Gödselslag                           | Ton gödsel/ha och år baserat på <sup>a</sup> |                                         |
|--------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                      | maximal fosforgiva<br>22 kg P/ha och år      | maximal kvävegiva<br>170 kg N/ha och år |
| <i>Utanför nitratkänsligt område</i> |                                              |                                         |
| Fastgödsel                           | 14,7                                         | -                                       |
| Djupströgödsel                       | 14,7                                         | -                                       |
| Flytgödsel 9 % ts-halt               | 36,7                                         | -                                       |
| <i>Nitratkänsligt område</i>         |                                              |                                         |
| Fastgödsel                           | 14,7                                         | 32,7                                    |
| Djupströgödsel                       | 14,7                                         | 31,5                                    |
| Flytgödsel 9 % ts-halt               | 36,7                                         | 39,5                                    |

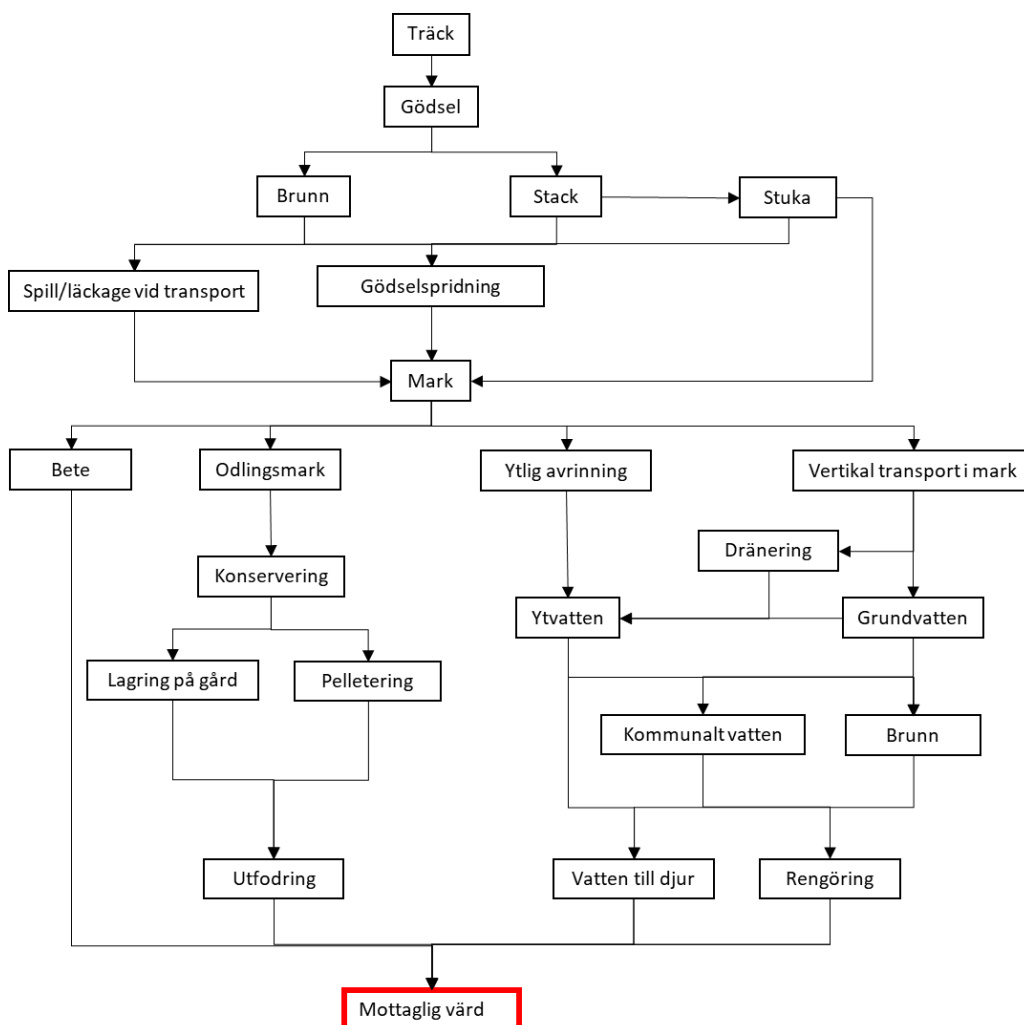
<sup>a</sup> mängd fosfor och kväve i naturgödsel baseras på Jordbruksverkets riktvärden för växtnäringsinnehåll i naturgödsel från nötkreatur efter lagring.

## 4 Spridningsvägar och riskfråga

Följande spridningsvägar och riskfråga ligger till grund för genomförandet av den riskvärdering som presenteras i kapitel 6 – 8.

### 4.1 SPRIDNINGSVÄGAR

De spridningsvägar som inkluderas presenteras i figur 3. Smitta som sprids till vektordjur, vatten eller betesdjur till följd av spridning av salmonella- eller VTEC-smittad gödsel kan i nästa skede kontaminera mark och vatten där djuren uppehåller sig. Denna återkoppling av smitta visas inte i spridningsvägen som presenteras i figur 3 för att underlätta läsbarheten. Dock har även dessa återkopplingar av smitta inkluderats i riskvärderingen vilket åskådliggörs i kap. 7.6, figur 5.



Figur 3. Översikt av identifierade spridningsvägar.

### 4.2 RISKFRÅGA

Följande kvalitativa riskvärdering (kapitel 4 - 8) syftar till att ge ett förbättrat underlag för hantering av gödsel från salmonella- och VTEC-smittade nötkreaturbesättningar. Riskfrågan har utarbetats i samråd med Jordbruksverket och baseras på en önskan om att underlaget ska ge stöd för att besvara följande frågeställningar

- Är hantering och spridning av gödsel enligt befintliga hanterings- och spridningskrav i dagens miljölagstiftning tillräckligt även i de fall då smitta konstaterats i besättningen?
- Under vilka förutsättningar bör extra restriktioner eller behandlingskrav gälla för gödsel från smittade besättningar för att minska risken för smittspridning?

Riskfrågan lyder:

**Hur stor är sannolikheten att ett djur (nötkreatur) under ett dygn exponeras för en infektiös dos av salmonella eller VTEC via identifierade spridningsvägar (figur 3) till följd av att gödsel från en salmonella- respektive VTEC-smittad besättning sprids på odlingsmark som används för odling innevarande växtsäsong.**

Slutpunkten för riskvärderingen är ”sannolikheten att ett djur under ett dygn exponeras för en infektiös dos”. Detta representerar den grundläggande förutsättningen för att en tidigare frisk grupp av djur kan bli infekterad.

### 4.3 AVGRÄNSNINGAR

Utgångspunkten för riskvärderingen är en värdering av sannolikheten för överföring av aktuella smittämnen vid spridning av smittad naturgödsel i enlighet med gällande lagstiftning för spridning av naturgödsel under svenska förhållanden. Naturgödsel är ett samlingsbegrepp för träck, urin och strömedel i olika proportioner. Här delas naturgödsel in i flytgödsel, fastgödsel och djupströbädd. Utöver dessa inkluderas vanligen även urin och kletgödsel i detta begrepp, dock anses dessa fraktioner mindre relevanta i sammanhanget. Arbetet innefattar en bedömning av sannolikhet för smitta men inte en värdering av konsekvenser av smitta. Riskvärderingen har fokus på introduktion av smitta i en ny besättning, och inte på de spridningsvägar som förekommer i en redan infekterad besättning.

Riskvärderingen inkluderar:

- enbart gödsel från nötkreatur.
- enbart nötkreatur som mottaglig värd.
- foder (vall, spannmål, baljväxter, raps, rybs, hö och halm), vatten och icke produktionsdjur som vektorer för smitta.
- konservering av foder genom torkning, syring, ensilering och lufttät lagring,

Riskvärderingen inkluderar inte:

- spridning av smitta från betande nötkreatur.
- bevattning av grödor som möjlig väg för smittspridning.
- sannolikhet för spridning av smitta via läckage eller avrinning från gödsellager på gård då rutiner för att undvika detta ingår i verksamhetsutövarens egenkontroll.

Foder som vektor för spridning av salmonella och VTEC har tidigare behandlats i ”Riskvärdering för spridning av salmonella och VTEC O157 till foder och bete via spridning av gödsel från känt smittade besättningar” (Elving *m.fl.*, 2015). I det föreliggande arbetet inkluderas ytterligare kombinationer av foderslag och konserveringsmetod som inte inkluderats i den tidigare riskvärderingen.

## 5 Metod för riskvärdering

En riskanalys består av tre moment; riskvärdering, riskhantering och riskkommunikation. Riskvärderingen, som kan vara kvalitativ eller kvantitativ, är ett verktyg som syftar till att tjäna som ett stöd för beslutsfattare vid riskhantering. Vid värdering av sannolikheten för smittspridning från infekterad gödsel till en oinfekterad besättning krävs tillgång till en stor mängd olika data för att kunna förutse smittämneets öde och bedöma sannolikheten att de infekterar en mottaglig värd. För att uppskatta mängden av ett smittämne som intas via exempelvis foder krävs bl.a. kunskap om förekomst och utsöndringsnivå av det givna smittämnet inom besättningen samt kunskap om den förändring i koncentration som smittämnen genomgår från utsöndring i träck fram till dess att fodret konsumeras av en mottaglig värd. Det senare är beroende av exempelvis tid mellan utsöndring och konsumtion, naturligt förekommande barriärer t.ex. utspädningar och avdödning i miljön och potential för tillväxt utanför värden.

Den aktuella riskvärderingen är kvalitativ och följer riktlinjerna i Codex Alimentarius (Codex Alimentarius - Working Principles for Risk Analysis for Food Safety for Application by Governments, 2007). I rapporten ingår "Faroidentifiering", "Farokarakterisering", "Exponeringsuppskattning" och "Riskkarakterisering" enligt Codex riktlinjer. Rapporten innefattar en värdering av sannolikheten för smitta men innefattar inte någon värdering av konsekvenserna av smitta. Med stöd av tillgängliga fakta görs antaganden som i sin tur styr den bild av verkligheten som riskmodellen utgör. Ändras antaganden eller verkligheten, t.ex. om prevalensen av smittämnen höjs betydligt eller om beredningsprocesser fallerar, kan detta ge stor effekt på resultatet av riskvärderingen. Osäkerheten i riskvärderingens resultat speglar både naturlig variation och sådan osäkerhet som har sitt ursprung i kunskapsunderlaget, dvs. bristen på kunskap om hur verkligheten förhåller sig.

### 5.1 INDIKATORORGANISMER

Både salmonella, VTEC och apatogena *E. coli* tillhör familjen *Enterobacteriaceae* och uppvisar ett liknande mönster när det gäller överlevnad och reduktion (Natvig *m.fl.*, 2002). *E. coli* används därför ofta som indikatororganism grundat på antagandet att dess beteende är liknande det hos smittämnen. I de fall där det saknas tillräckligt underlag för att bedöma sannolikheten utifrån data tillgängliga för salmonella eller VTEC dras därför paralleller till studier rörande apatogena *E. coli*.

Merparten av den litteratur som berör hygieniska risker vid konservering och lagring av fodergrödor handlar om mögeltillväxt och mykotoxinproduktion. Underlaget gällande överlevnad/reduktion/tillväxt av salmonella och VTEC under konservering och lagring av fodergrödor är begränsat. Även om tillväxtkriterierna för mögel och för bakterier som salmonella och VTEC till viss del skiljer sig åt antas här att det är möjligt att även kriterierna för tillväxt av de bakteriella smittämnen kan vara uppfyllda när tillväxt av mögel påvisas.



## 5.2 TERMINOLOGI

Terminologin för sannolikheter i riskbedömningen:

|            |                                         |
|------------|-----------------------------------------|
| Försumbar  | Så ovanligt att det saknar betydelse    |
| Mycket låg | Mycket ovanligt, men kan inte uteslutas |
| Låg        | Sällan, men förekommer                  |
| Medelhög   | Förekommer ibland                       |
| Hög        | Förekommer ofta                         |
| Mycket hög | Förekommer nästan alltid                |

Terminologi rörande osäkerhetsnivå<sup>1</sup> vid bedömningen:

|       |                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Låg   | Solida och kompletta data tillgängliga<br>Starka bevis från flera referenser<br>Flera författare rapporterar liknande                                                                                                                                         |
| Medel | En del men inte kompletta data tillgängliga<br>Bevis från enstaka referenser<br>Författare rapporterar olika slutsatser                                                                                                                                       |
| Hög   | Knapphändiga eller inga data tillgängliga<br>Bevis hämtas inte från vetenskapliga referenser utan snarare från opublicerade rapporter, observationer eller personliga meddelanden<br>Författare rapporterar slutsatser som avsevärt skiljer sig från varandra |

<sup>1</sup> I den föreliggande riskvärderingen är bedömning av osäkerhetsnivån en samlad bedömning av både kvalitén på underlaget enligt ovan och den osäkerhet som naturlig variation bidrar med till sannolikhetsbedömningen.

## 6 Faroidentifiering och farokarakterisering

Spridning av smittad gödsel kan utgöra en risk för kontamination av mark, grödor och vatten med vidare smittspridning till djur via bete och utfodring eller via det vatten som djuren dricker.

### 6.1 SALMONELLA

Salmonellainfektion betraktas som en allvarlig zoonos och är den andra vanligaste förekommande livsmedelsburna zoonosen i Europa (EFSA, 2016). Salmonella är en gramnegativ stavformad tarmbakterie som tillhör familjen *Enterobacteriaceae*. Det finns två arter, *S. enterica* och *S. bongori*, och sex underarter (*enterica*, *salamae*, *arizonae*, *diarizonae*, *houtenae*, *indica*). Salmonellainfektion hos människa orsakas till 99 % av infektioner med underarten *S. enterica spp enterica*. Inom denna underart har över 2600 serotyper identifierats baserat på serologiska reaktioner mot olika typer av cellväggsantigener; lipopolysaccarider (O), flagellantigen (H) och kapselantigener (vi). De flesta serotyperna kan infektera både människor och djur, men förmågan att orsaka sjukdom varierar mellan serotyper.

Serotyperna delas ofta in i tre grupper; generalister som orsakar infektioner hos många olika arter, exempelvis *S. Typhimurium* och *S. Enteritidis*, värdanpassade som framför allt orsakar infektion hos en art men ibland återfinns hos andra värdar, exempelvis *S. Dublin* hos nötkreatur och *S. Derby* hos gris, och värd-restriktiva som enbart är associerade med en art, exempelvis *S. Typhi* hos människa och *S. Gallinarium* hos fjäderfä (Sanderson och Nair, 2012). Den vanligast förekommande serotypen hos svenska nötkreatur är *S. Dublin*. Denna serotyp konstateras hos cirka hälften av de nötkreatursbesättningar där salmonella påvisas. Näst vanligast förekommande är *S. Typhimurium* och en liten andel av besättningarna är infekterade med andra serotyper (Lewerin *m.fl.*, 2011).

#### 6.1.1 Sjukdomsbild

Hos människa kan salmonellainfektion leda till sjukdomssymtom som diarré, illamående, feber och ibland kräkningar. Infektionsdosen är relativt hög, men små barn, äldre samt immunsvaga är mer mottagliga för infektion. I nötkreatursbesättningar kan infektionen orsaka kliniska symtom som diarré, kastningar, sänkt foderlust samt ökad kalvsjuklighet och dödlighet.

#### 6.1.2 Prevalens

SVA har gjort analyser av tankmjölk för att undersöka förekomst av antikroppar mot salmonella hos svenska mjölkkor. Undersökningen 2013 (Ågren *m.fl.*, 2016) omfattar samtliga mjölkbesättningar i Sverige. Resultaten visar att förekomsten av salmonella generellt sett är mycket låg, men också att förekomsten varierar mycket mellan olika regioner. Andelen mjölkbesättningar med antikroppar mot salmonella varierade från 0 till 17 % mellan olika regioner. Resultaten visar högre förekomst av salmonella på Öland än i övriga regioner i landet. Det beror främst på förekomst av serotypen *S. Dublin*.

Det finns stora variationer i andelen infekterade djur i en smittad besättning, s.k. inombesättningsprevalens, och andelen varierar även över tid i en och samma besättning. Mer information om inombesättningsprevalensen för salmonella återfinns i kap. 7.1.1.

### 6.2 VEROTOXINPRODUCERANDE *E. COLI* (VTEC)

Verotoxinproducerande *E. coli* (VTEC) är ett zoonotiskt smittämne som kan orsaka allvarlig sjukdom hos människa (Mead and Griffin, 1998). Det är den fjärde vanligaste förekommande livsmedelsburna zoonosen i Europa (EFSA, 2016). *Escherichia coli* (*E. coli*) är en tarmbakterie som normalt förekommer hos de flesta varmblodiga djurarter och människor. VTEC skiljer sig från övriga *E. coli* genom att de kan producera verotoxin som bidrar till bakteriens sjukdomsframkallande förmåga. Infektionsdosen är mycket låg och särskilt små barn och äldre är känsliga. Det finns flera olika typer av virulensgener och förekomsten av dem varierar mellan olika VTEC. Vissa VTEC har en mer komplett uppsättning av virulensgener och har därmed större förmåga att framkalla allvarlig sjukdom hos människa.

#### 6.2.1 Sjukdomsbild

Sjukdomsbilden hos människa karakteriseras av blodiga diarréer och buksmärtor. I minst 5-10 % av fallen kompliceras den akuta infektionen med hemolytiskt uremiskt syndrom (HUS), med bl.a. nedsatt njurfunktion som följd. I sällsynta fall orsakar sjukdomen dödsfall.

Det är framförallt idisslare, vanligen nötkreatur, men även får och getter, som är symptomlösa bärare av VTEC och kan fungera som reservoar för bakterien. Dock är det endast en liten andel av de VTEC-serotyper som återfinns hos nötkreatur som orsakar sjukdom hos människor (Blanco *m.fl.*, 1996; Law, 2000). Internationellt är VTEC O157 den serotyp som oftast har isolerats från utbrott och allvarliga sjukdomsfall hos människa (Karmali *m.fl.*, 2003). Det är också den serotyp det finns bäst kunskapsunderlag för, och den här riskvärderingen baseras därför framförallt på kunskap om VTEC O157.

#### 6.2.2 Prevalens

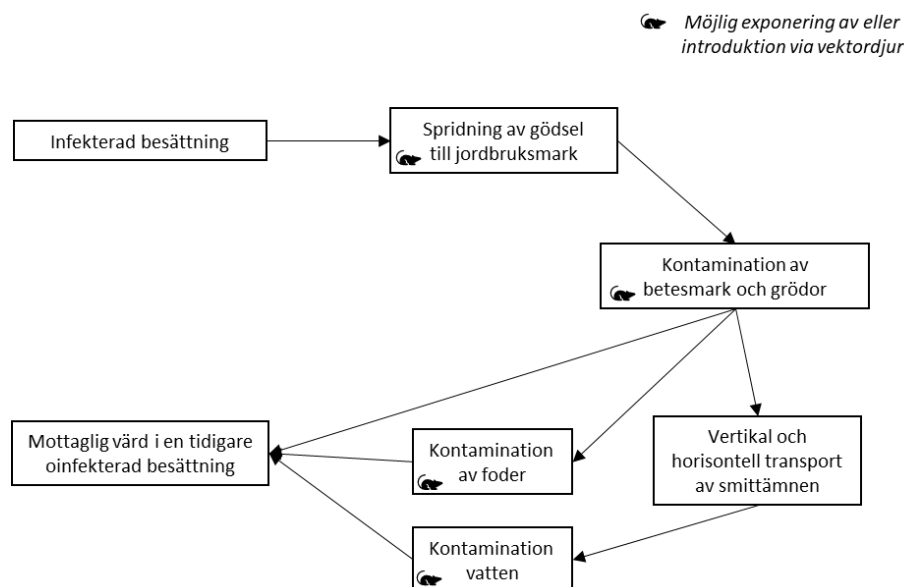
Under perioden 1998–2000 undersöktes träckprover från 371 mjölkbesättningar och VTEC O157 kunde påvisas på 33 gårdar (9 %) (Eriksson *m.fl.*, 2005). Det var stora regionala skillnader, med högst förekomst av positiva besättningar i Halland med 23 %. I övriga regioner i södra Sverige var förekomsten 3–10 %. Inga besättningar från Norrland var positiva.

Slakteriprevalensstudier har genomförts regelbundet sen 1997. Träckprover från 2000–3000 djur har då samlats in från landets 15-16 största slakterier, där ca 90 % av all nötkreatursslakt genomförs. Drygt 3 % av proverna har testat positivt för VTEC O157, varav ca 25 % har varit av den hypervirulenta typen klad 8 (Dorea *m.fl.*, 2018).

Det finns stora variationer i andelen infekterade djur i en smittad besättning och andelen varierar även över tid i en och samma besättning. Mer information om inombesättningsprevalensen för VTEC återfinns i kap. 7.1.1.

### 6.3 SPRIDNING I MILJÖN

Salmonella och VTEC är bakterier som koloniserar och/eller infekterar mag-tarmkanalen hos djur och människor. Bakterier som utsöndras i träck från infekterade individer kan genom spridning till åkermark kontaminera mark, grödor och vatten. På så vis kan spridning av gödsel till åkermark resultera i exponering av en ny mottaglig värd (se figur 4). Båda bakteriearterna kan överleva och föröka sig i miljön utanför värdjuret. Förmågan till överlevnad och tillväxt varierar mellan olika serotyper. (Mitscherlich och Marth, 1984; D'Aoust *m.fl.*, 2001; Elsas *m.fl.*, 2011)



Figur 4. Schematisk skiss av spridning av smittämnen via spridning av gödsel från smittade besättningar, via foder och vatten och vidare till en mottaglig värd.

Överlevnad och tillväxt av salmonella och VTEC i olika matriser påverkas av en stor mängd olika faktorer som temperatur, pH, UV-ljus, fukthalt, näringstillgång, syretillgång och jordens beskaffenhet, förekomst av organiska och inorganiska föreningar, konkurrens, predation och internalisering i grödor (Chandler och Craven, 1980; Recorbet *m.fl.*, 1992; Kerry, 2000; Jiang *m.fl.*, 2002; Yaun *m.fl.*, 2003; 2004; Brandl *m.fl.*, 2005; Franz *m.fl.*, 2005).

Både salmonella och *E. coli* har förmågan att tillväxa i ett relativt brett temperatur- och pH-intervall (Mitscherlich och Marth, 1984). Salmonella kan tillväxa i både aeroba och anaeroba miljöer, i temperaturer från 5 till 46 °C, pH från 3,8 till 9,5 och vid en vattenaktivitet ( $a_w$ ) över 0,94 (Mitscherlich och Marth, 1984; Bell, 2002). *E. coli* kan tillväxa i temperaturer från ca 10 till 50 °C, i pH ner till 4,4 och vid en vattenaktivitet ( $a_w$ ) över 0,95 (Adams och Moss, 2010). Variation i överlevnadsförmåga förekommer mellan olika serotyper av salmonella och VTEC. Via exempelvis formation av biofilm kan bakterierna uppvisa en ökad tålighet mot stressfaktorer i miljön (Donlan och Costerton, 2002).

### 6.3.1 Foder som vektor för smitta

Flera nationella och internationella studier visar på ett samband mellan kontaminerat foder och infektion med salmonella och VTEC i djurbesättningar (Lynn *m.fl.*, 1998; Davis *m.fl.*, 2003; Dodd *m.fl.*, 2003; Sargeant *m.fl.*, 2004; Dargatz *m.fl.*, 2005; Österberg *m.fl.*, 2006). Även om introduktion av salmonellasmitta via foder generellt är relativt ovanligt i Sverige har smittvägen visats förekomma. Exempelvis infekterades 2013 10 svenska nötbесättningar av *S. Mbandaka* via fabriksproducerat foder. Introduktion av VTEC via foder har hittills inte påvisats i svenska nötkreaturbesättningar.

Introduktion av smittämnen i foderkedjan sker exempelvis via jordinblandning vid skörd eller återkontamination via vektordjur under konservering/lagring av foder. Detta gäller såväl kommersiellt producerat foder som gårdsproducerat foder. Varken salmonella eller VTEC ses idag som vanligt förekommande i vår svenska miljö eller i svenska foderanläggningar. Vanligen anses smittan i kontaminerat foder härstamma från importerade foderråvaror, men salmonella förekommer även i svenska foderråvaror om än i lägre frekvens (Wierup, 2006; Elving och Thelander, 2017).

### 6.3.2 Vatten som vektor för smitta

Att vatten kan föra med sig smittämnen är välkänt. Det finns svenska erfarenheter där salmonellautredningar indikerat spridning av salmonella via vattendrag. Ett sådant exempel är vid ett utbrott av *S. Reading* i en dikobesättning i Skåne. Efter påbörjad utfodring uppstod kliniska symptom hos djuren och *S. Reading* påvisades hos både djur och i fodret. Vallen där fodret skördats hade varit översvämmad med vatten från ett vattendrag där det några kilometer uppströms fanns en stor mjölkbesättning med *S. Reading*. I mjölkbesättningen hade dagvatten från mjölkbesättningens gårdsplan gått ut i vattendraget utan rening. Fodret i dikobesättningen var av dålig hygienisk kvalitet vilket antas ha skapat förutsättningar för tillväxt av salmonella<sup>2</sup>.

Ett annat exempel är från Östergötland där en hög andel kor i en mjölkbesättning blev positiva för en monofasisk *S. Typhimurium* efter att de släppts ut på ett bete intill Svartån som varit översvämmat under våren. Serotypen hade inte tidigare påvisats på djur i Sverige, men förekom på humansidan. Samma serotyp påvisades i ytterligare en mjölkbesättning någon km nedströms, som pumpade upp vatten från Svartån för rengöring. Samma salmonellatyp påvisades i pumpbrunnen vid ån. Cirka 10 km uppströms fanns Boxholms reningsverk, och under försommaren hade en flicka, som badat på allmänna badplatsen i Boxholm, infekterats med samma salmonellatyp. Fynden gav misstanke om att salmonella spridits från reningsverket via åvattnet till flickan och besättningarna<sup>2</sup>.

### 6.3.3 Djur som vektor för smitta

Många djur i vår lantbruksmiljö, utöver våra produktionsdjur, kan fungera som reservoar för salmonella och VTEC. Här benämns dessa vektordjur. Mindre gnagare, fåglar av olika slag och insekter finns i varierande mängd på och runt alla gårdar med djur och kan agera som vektorer för smittor (Davies och Wray 1997; Olsen, 1998). Även större vektordjur som vildsvin, rådjur, rävar och grävlingar kan återfinnas i miljön runt gårdar med djur. Vektordjur

---

<sup>2</sup> Estelle Ågren, Statens Veterinärmedicinska Anstalt, personlig kommunikation 2017

finns närvarande längs hela den potentiella spridningsvägen, från träck/gödsel fram till djurens foder och vatten.

Flera studier för fram teorin att vektordjuren infekteras och blir bärare av salmonella via kontakt med produktionsdjurens gödsel (eller t ex aborterade foster/fosterhinnor) (Clark *m.fl.*, 2004; Meerburg och Kijlstra, 2007; Skov *m.fl.*, 2008). Om vektordjuren träffar på smittad gödsel kan de sannolikt föra med sig smitta en kortare eller längre sträcka, beroende på hur mycket gödsel de får med sig på kroppen och hur mycket bakterier den innehåller. Därutöver har det också betydelse var den smittade gödseln hamnar. Om den i tillräcklig mängd hamnar på ett foderbord/i ett vattentråg eller på annat ställe där djuren äter eller dricker eller om den hamnar i foder som ska lagras och tillväxten av bakterier av någon anledning gynnas vid lagringen kan det under vissa omständigheter finnas förutsättningar för att en smittöverföring till t ex nötkreatur ska kunna ske.

Coulson *m.fl.* (1983) beskriver att måsfåglar kan sprida salmonella över långa avstånd. Flera studier lyfter även överföring av smitta från flockar av måsfåglar till produktionsdjur via kontamination av vatten som en möjlig spridningsväg (Williams *m.fl.*, 1977; Johnston *m.fl.*, 1979; Coulson *m.fl.*, 1983; Sharp *m.fl.*, 1983). Under ett utbrott med *S. Reading* i Skåne fanns misstanke om spridning till två mjölkbesättningar med kråkfågelflockar. I en av besättningarna uppstod kliniska symptom och *S. Reading* påvisades strax efter att stora mängder kråkfåglar hade sökt sig till gården. Fåglarna hade sannolikt sökt sig till gården från en närliggande dikobesättning, en knapp km bort, då alla djur hade avlivats som en del i salmonellabekämpningen, och därmed hade också den bröutfodring som pågått i besättningen avslutats. Bröutfodringen hade attraherat stora mängder kråkfåglar. Långt senare, under samma utbrott påvisades *S. Reading* i en annan mjölkbesättning strax efter att stora mängder kråkfåglar hade setts i majsensilaget.

Infektionsdosen och utsöndringsnivåer kan antas variera stort mellan olika djurslag, dock är dataunderlaget bristfälligt. Infektionsdosen för möss har beskrivits vara så låg som 15 salmonellabakterier (Henzler och Opitz, 1992). Naturligt och artificiellt infekterade möss har beskrivits utsöndra upp till  $10^4 - 10^6$  salmonellabakterier i individuella träckbollar (Meerburg och Kijlstra, 2007). Trutar har beskrivits utsöndra upp till  $25 \times 10^6$  bakterier/g (*S. Brandenburg*), sannolikt efter att ha ätit fosterhinnor och aborterade foster från infekterade får (Clark *m.fl.*, 2004).

Mycket knapphändiga uppgifter om betydelsen av mekanisk överföring finns att tillgå i litteraturen. En undersökning nämner att flugor kan fungera som mekaniska vektorer och att de, förutom att vistas i utrymmen med produktionsdjur också kan flyga avsevärda sträckor (många km) från gården. Stora flugpopulationer har identifierats som riskfaktor för salmonellasmitta hos fjäderfä, mjölkko, gris och intensivuppfödda köttdjur. Flugor kan bära *S. Typhimurium* i upp till 10 dagar. (Wales *m.fl.*, 2010)

## 7 Exponeringsuppskattning

De spridningsvägar som definierats utifrån ställd riskfråga sammanfattas i figur 3. Faktorer som tagits i beaktande är spridning till och överlevnad i jord/mark, vatten, grödor och foder. Det framtagna underlaget presenteras i följande kapitel i kap. 7.1 t.o.m. 7.5. Utifrån det sammanställda dataunderlaget följer sannolikhetsvärdering av de identifierade exponeringsvägarna i kap. 7.6.

### 7.1 SALMONELLA OCH VTEC I NATURGÖDSEL OCH BIOGÖDSEL VID SPRIDNING TILL MARK

Sannolikheten för att salmonella och VTEC förekommer i naturgödsel från en smittad besättning vid spridning på odlingsmark beror av

- Inombesättningsprevalensen och utsöndringsgrad
- utspädningsgrad av träck till gödsel
- effekt av lagring eller annan hantering<sup>3</sup> på överlevnaden av smittämnen

#### 7.1.1 Inombesättningsprevalens

Det finns inte några publicerade svenska studier som syftat till att undersöka andelen infekterade djur i en smittad besättning d.v.s. inombesättningsprevalens avseende salmonella eller VTEC på nötkreatur. Internationella studier visar att det finns stora variationer av inombesättningsprevalens och att den också varierar över tid i en och samma besättning. Serotyp, infektionsdos och individernas immunstatus har också betydelse för prevalensen.

I en dansk studie med 14 *S. Dublin*-infekterade mjölkbesättningar var prevalensen bakteriepositiva djur 0,3-2,8 %. Prevalensen var högre bland yngre djur (kalvar 0-8,7 %, ungdjur 0,3-2,5 %) och lägre för vuxna djur (kor 0-0,9%) (Nielsen, 2013b). I 16 mjölkbesättningar i USA varierade prevalensen bakteriepositiva kor vid träckprovtagning mellan 0-37 % (Callaway *m.fl.*, 2005) och 17 olika serotyper isolerades. De vanligast förekommande serotyperna var *S. Montevideo* och *S. Muenster*. I en annan studie i USA med provtagning i 129 besättningar var prevalensen träckpositiva kor 4,9 % och kalvar 3,9 % (Fossler *m.fl.*, 2005). Förhållanden för danska mjölkbesättningar betraktas som jämförbara med svenska förhållanden ur detta perspektiv. Undersökningar i svenska besättningar som belagts med restriktioner är i överensstämmelse med de internationella publicerade resultaten.<sup>4</sup>

I en studie av Widgren et al. (2013) som syftade till att utvärdera miljöprovtagning, samlades individuella träckprover från djur i 31 besättningar. Innan odling poolades material från max tre individuella träckprover. Mellan 17 och 49 polade prov undersöktes och andelen poler som var positiva för VTEC O157 varierade från 0,04 till 0,57 med ett medelvärde på 0,13 och medianvärde på 0,07.

<sup>3</sup> Här inkluderas effekten av tillfällig lagring och kompostering i fält (gödselstuka) samt gårdsbaserad rötning.

<sup>4</sup> Estelle Ågren, Statens Veterinärmedicinska Anstalt, personlig kommunikation 2017



### 7.1.2 Infektionsdos och utsöndringsgrad

Infektionsdosen beror generellt av patogenicitet hos smittämnet, vilket hos salmonella varierar mellan serotyper. Även stam kan ha viss inverkan, samt individens immunstatus. Litteraturen presenterar infektionsdoser i intervallet  $10^4$ - $10^{13}$  bakterier för salmonella hos nötkreatur (Aceto et al., 2011; Snider et al., 2014).

Studier har visat på stora variationer av utsöndringsnivåer med  $10^2$ - $10^8$  CFU (koloniformande enheter) per gram träck för salmonella hos nötkreatur och gris (Barrow and Methner, 2013; Hutchison et al., 2005; Kirk, 2011; Wallis, 2006). Nötkreatur som infekterats med *S. Dublin* utsöndrar oftast salmonellabakterier i 1 – 3 veckor efter infektionstillfället, men utsöndring i upp till två månader har också beskrivits. En liten andel av djuren anses kunna bli symtomlösa smittbärare, som kan utsöndra små mängder ( $10^1$ - $10^4$ ) konstant eller intermittent. Enstaka individer med kronisk infektion utsöndrar stora mängder bakterier i nivå med det som ses vid akut infektion, månader till år. (Nielsen, 2013a) Djur som tillfrisknat från klinisk salmonellainfektion, liksom symtomlösa smittbärare, utsöndrar ofta salmonellabakterier intermittent i träcken under en tid, vanligen några veckor.

I experimentella studier har infektionsdosen för VTEC O157 visats kunna vara så låg som 210 bakterier på kalvar (Besser *m.fl.*, 2001). Däremot rapporterar Cray och Moon (1995) att inga vuxna djur blev infekterade då de exponerades för en dos på  $10^4$  bakterier, medan två av fem djur exponerade för  $10^7$  bakterier blev infekterade.

De flesta infekterade nötkreatur utsöndrar VTEC O157 i avföringen i låga koncentrationer och det är oftast yngre djur som är infekterade (Strachan *m.fl.*, 2001; Ogden *m.fl.*, 2004; Boqvist *m.fl.*, 2009). Studier har dock visat att det kan förekomma en liten andel djur som är s.k. högutsöndrare. I en experimentell studie där unga kalvar infekterats med 100-11 000 CFU VTEC O157 varierade utsöndringen i avföringen från <30 till  $>10^6$  CFU/g (Besser *m.fl.*, 2001).

### 7.1.3 Utspädning av träck till gödsel

I gödselbrunnen späds träck ut med bl.a. strömaterial, urin och spillvatten, till flytgödsel. Träck i system med fast- och djupströgödsel späds framförallt ut med strömaterial och den vätska som strömateriallet suger upp. Den mängd träck som produceras och den grad av utspädning som sker varierar mellan olika verksamhetsutövare och beror bl.a. av produktionsform, foderstat samt mängd och typ av strömaterial som används i besättningen.

Detta beskrivs exempelvis av Albertsson (1995) som i rapporten ”Gödselproduktion, lagringsbehov och djurtäthet vid nötkreaturhållning” beskriver träckproduktion och gödsellagringsbehov utifrån olika produktionsformer och foderstater. För mjölkkor uppskattas mängden träck per dag till 27 till 32 kg. För ungnöt och dikor är mängden producerad träck per dag lägre. Baserat på detta varierar den uppskattade andelen träck i den totala gödselvolymen för en mjölk Kobesättning från 50 till 85 %, vilket illustreras i exempel 1. Utspädningsgraden som presenteras i Exempel 1 ska ses som en grov uppskattning då träckproduktion, urinproduktion, ströanvändning och spillvatten varierar mellan besättningar.



**Exempel 1****Frågeställning**

Hur stor andel av gödsel utgörs av träck?

**Underlag för beräkning**

Mängd träck i förhållanden till övriga fraktioner i gödsel baseras på rapporten ”Gödselproduktion, lagringsbehov och djurtäthet vid nötkreaturhållning”, Albertsson (1995). Följande beräkningar är baserade på data (se nedanstående tabell) för mjölkbesättning (8000 kg mjölk per ko och år).

| Mängd (kg) <sup>a</sup>        | Flytgödsel | Fastgödsel | Djupströbädd <sup>b</sup> |
|--------------------------------|------------|------------|---------------------------|
| Träck                          | 7 919      | 7 919      | 3 959                     |
| Övriga fraktioner <sup>c</sup> | 4 703      | 1 344      | 4 092                     |
| Totalt mängd gödsel            | 12 622     | 9 263      | 8 051                     |

<sup>a</sup> mjölkko, 8000 kg mjölk per år; <sup>b</sup> från djupströbädd med skrapad gång; <sup>c</sup> inkluderar ej disk-, spol- och tvättvatten, inte heller regnvatten som kan tillföras öppna gödsellager.

**Mängd träck i gödsel**

| Utspädning                            | Flytgödsel | Fastgödsel | Djupströbädd <sup>b</sup> |
|---------------------------------------|------------|------------|---------------------------|
| Förhållande träck : övriga fraktioner | 1,7:1      | 5,9:1      | 1,0:1                     |
| Andel träck i gödsel (%)              | 63         | 85         | 49                        |
| Utspädningsfaktor träck i gödsel      | 1,6        | 1,2        | 2,0                       |

**7.1.4 Effekt av lagring av gödsel****7.1.4.1 Flytgödsel**

Överlevnaden av smittämnen i gödsel möjliggör spridning av smitta till odlingsmark vid gödselspridning (Cieslak *m.fl.*, 1993; Pell, 1997; Fukushima *m.fl.*, 1999). Koncentrationen av salmonella och VTEC som kan finnas i mark efter spridning beror både på koncentrationen som finns i gödseln som sprids och på hur mycket gödsel som sprids på odlingsmarken. Koncentrationen smittämnen i gödseln som sprids beror i sin tur på överlevnad under lagring i flytgödselbrunnen. Kontinuerlig tillförsel av potentiellt smittad gödsel och det faktum att både salmonella och VTEC kan överleva länge i flytgödsel bidrar till att semikontinuerlig lagring i flytgödselbrunnen inte kan förväntas eliminera smittämnen från materialet.

Reduktion av salmonella och VTEC i gödsel påverkas av flera olika omgivningsparametrar, vilket återspeglas i den stora variation av reduktionshastigheter och överlevnadstider som återfinns i litteraturen (tabell 3).

Även om bakterier kan tillväxa i gödsel (Blum, 1968; Wang *m.fl.*, 1996), antas i de flesta fall en reduktion av salmonella och VTEC ske under lagring av flytgödsel och nivåerna som kan detekteras i gödselbrunnen är ofta låga (Fleming och MacAlpine, 2004). För VTEC O157/*E. coli* O157 rapporteras överlevnad i upp till 90 dagar i flytgödsel från nötkreatur (McGee *m.fl.*, 2001; Avery *m.fl.*, 2005; Nicholson *m.fl.*, 2005; Fremaux *m.fl.*, 2007) och

salmonella har rapporterats kunna överleva i upp till 286 dagar i flytgödsel. Även om underlaget inte är entydigt visar den generella trenden på en längre överlevnad vid lägre omgivningstemperaturer (Wang *m.fl.*, 1996; Kudva *m.fl.*, 1998; Himathongkham *m.fl.*, 1999; O'Neill *m.fl.*, 2011).

Tabell 3. Exempel på D-värden i flytgödsel från nötkreatur

| Organism                       | Djurslag/besättningstyp | Temperatur/Årstid | D-värde (dagar) |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------|
| Salmonella                     | Nöt                     | 4 °C              | 11,97           |
|                                |                         | 14 °C             | 10,51           |
| VTEC                           | Nöt                     | 4 °C              | 3,90            |
|                                |                         | 14 °C             | 6,50            |
| Källa: O'Neill m.fl. (2011)    |                         |                   |                 |
| Salmonella                     | Nöt/Mjölk               | Sommar            | 6,8-8,9         |
|                                |                         | Vinter            | 17,4-18,5       |
|                                | Nöt/Kött                | Sommar            | 7,3-11,8        |
|                                |                         | Vinter            | 16,9-17,0       |
| <i>E. coli</i> O157            | Nöt/Mjölk               | Sommar            | 6,5-11,6        |
|                                |                         | Vinter            | 25,4-33,3       |
|                                | Nöt/Kött                | Sommar            | 22,4-44,1       |
|                                |                         | Vinter            | 18,1-34,6       |
| Källa: Hutchison m.fl. (2005b) |                         |                   |                 |

#### 7.1.4.2 Fastgödsel och djupströbädd

I likhet med flytgödsel så antas generellt att en viss reduktion av smittämnen sker över tid i fastgödsel och djupströbädd. Effekten av mellanlagring av fastgödsel och djupströbädd kan jämföras med den effekt som uppnås vid tillfällig lagring/kompostering i fält. En viss reduktion av smittämnen kan även antas förekomma under den period som djupströbädden ligger i stallet. I likhet med flytgödsel kan smittad gödsel löpande tillföras fastgödsel och djupströbädd.

Fastgödsel kan spridas omgående utan föregående mellanlagring. Till skillnad från fastgödsel är en färsk djupströbädd svår att sprida med fastgödselspridare och antas därför vanligen mellanlagras före spridning. Under mellanlagringen uppstår en spontan kompostering av materialet som efter mellanlagringen är mer homogent och då lättare att sprida. Effekt av tillfällig lagring och kompostering i fält beskrivs i kap. 7.1.5.

#### 7.1.5 Effekt av tillfällig lagring och kompostering i fält

De material som läggs ut för tillfällig lagring/kompostering i fält ska kunna staplas till 1 m vid lagring och 2 m vid kompostering (SJVFS 2015:21). Därmed är fastgödsel och djupströbädd de gödselslag som berörs. Efter uppläggning av materialet i gödselstuka sker vanligen inte någon ytterligare hantering av materialet innan spridning.

### 7.1.5.1 Inaktivering vid tillfällig lagring och kompostering i fält

Stora naturliga variationer i reduktionshastighet förekommer till följd av varierande effekt av de parametrar som påverkar överlevnad av smittämnen utanför en värd.

En viktig skillnad mellan lagring och kompostering i gödselstuka är temperaturprofilen i den upplagda gödselstukan och lagringstiden. Vid kompostering kan en tillräckligt hög temperatur uppnås för att resultera i en god avdödning av smittämnen (Jiang *m.fl.*, 2003; Hutchison *m.fl.*, 2005a; Elving *m.fl.*, 2014). Det är i sammanhanget viktigt att poängtera att även kompostering i fält behöver noggrann hantering för att höga temperaturer ska utvecklas och bibehållas under en tillräcklig period för att uppnå en god reduktion av smittämnen. En bra kol-kväve-kvot, tillräcklig struktur för att luft ska kunna röra sig fritt i materialet och tillräcklig tid för att uppnå en fullgod kompostering är några av nyckelfaktorerna till en lyckad kompostering i fält (Burton och Turner, 2003).

Hutchison *m.fl.* (2005a) visar initialt på D-värden på 1,79 och 1,47 dagar för salmonella respektive *E. coli* O157 vid kompostering av gödsel från mjölkkor i gödselstuka (baserat på värden från studiens första 8 dagar). Inaktiveringshastigheten som uppmättes i gödsel från köttdjur var lägre; 2,21 och 2,31 dagar för salmonella respektive *E. coli* O157. Överlevnaden i studien varierade även beroende på produktionsform. Salmonella och *E. coli* O157 kunde detekteras i upp till tre månader i gödsel från köttdjur (initial koncentration dag 0 beräknades till ca  $1 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup>). I gödsel från mjölkkor kunde salmonella detekteras fram till dag 8 och *E. coli* O157 fram till dag 32. Vidare visar Hutchison *m.fl.* (2005a) bifasiska inaktiveringskurvor för smittämnen vilket resulterade i att inaktiveringshastigheten som uppmättes under den senare delen av studien var avsevärt lägre. Resultaten tyder på att det trots att det under den initiala fasen av komposteringen i gödselstuka sker en snabb reduktion av smittämnen så överlever en mindre andel av populationen under en avsevärt längre tidsperiod. Detta stöds också av övrig litteratur.

Under kompostering av gödsel i fält sker ingen temperaturövervakning varför det är svårt att avgöra om en temperatur som är tillräcklig hög för att uppnå en god avdödning uppnås i hela materialet. Om komposteringen inte utförs korrekt är den snarare att se som en lagring i gödselstuka och medför då en lägre reduktion av smittämnen.

### 7.1.5.2 Tillväxt i kalla zoner vid kompostering

Även om höga temperaturer uppnås i gödselstukans centrum vid kompostering kan det vara svårt att uppnå samma höga temperatur i hela materialet på grund av värmeavgångar till omgivningen eller delar i partier som inte uppfyller grundförutsättningarna för att uppnå en god temperaturutveckling. Detta anses vara en av de bidragande orsakerna till att lång överlevnad av smittämnen kan förekomma vid kompostering i gödselstukor. Bland andra Shepherd (2007) har visat på att skillnaden i överlevnadstid för *E. coli* O157:H7 varierar mellan ett fåtal dagar i kompostens centrum upp till fyra månader vid ytan och Hutchison (2005a) visade på upp till tre månaders överlevnad i gödselstukor.

För att studera tillväxtpotential är det vanligt att autoklaverat material som inokulerats med mikroorganismer används. Dessa studier tyder på att tillväxten av smittämnen hämmas av den naturliga mikrofloran i komposten. (Sidhu *m.fl.*, 1999; Kim och Jiang, 2010). Dock kan tillväxt ske även i närvaro av kompostens naturliga mikroflora (Elving *m.fl.*, 2010).

Om övriga krav på tillväxtfaktorer uppfylls kan det ske en tillväxt av smittämnen i de kallare zonerna (Elving *m.fl.*, 2010). Detta innebär att även om stora delar av materialet håller en hög temperatur kan tillväxt i de kalla zonerna vara betydelsefull.

Även vid tillfällig lagring i fält kan höga temperaturer som bidrar till avdödning av smittämnen uppnås. Dock är det troligt att andelen material som befinner sig i de kalla zonerna är väsentligt större jämfört med vid kompostering i fält. Därmed kan även liknande fenomen gällande tillväxt av smittämnen antas uppträda vid tillfällig lagring i fält.

### 7.1.6 Gårdsbaserad rötning

Överlevnaden av smittämnen vid anaerob rötning styrs av flera olika parametrar t.ex. serotyp, pH, ammoniakkoncentration, temperatur och behandlingstid vilket resulterar i stora variationer i den publicerade litteraturen. Dock har behandlingstemperaturen definierats som den viktigaste faktorn kopplad till överlevnad och reduktion av sjukdomsframkallande bakterier vid anaerob rötning (Dumontet *m.fl.*, 1999). D-värdet kan för många sjukdomsframkallande bakterier räknas i timmar vid termofil rötning (>50 °C) och i dagar vid mesofil (25-40 °C) rötning (Larsen *m.fl.*, 1989). Flera studier vittnar om en relativt låg inaktiveringshastighet för salmonella och *E. coli* under mesofil rötning av gödsel jämfört med under termofila förhållanden (Olsen och H.E., 1987; Pandey och Soupir, 2011; Fröschle *m.fl.*, 2015). Studier har även visat på överlevnad av naturligt förekommande salmonella vid mesofil rötning av avloppsslam (Sahlström *m.fl.*, 2004), detsamma kan antas gälla vid mesofil rötning av smittad gödsel.

Gårdsbaserade biogasanläggningar drivs vanligen som kontinuerliga eller semikontinuerliga system vid mesofila temperaturer, med en hydraulisk uppehållstid (HRT) på exempelvis 20-25 dagar. Detta innebär i praktiken att delar av materialet inte behandlas alls medan andra delar av materialet behandlas under en relativt lång period. I det material som inte genomgår någon behandling eller en mycket kort behandling kan reduktionen ses som försumbar medan den i material som behandlas under flera veckor kan vara betydande. I gårdsbaserade biogasanläggningar sker i vissa fall samrötning med flera olika material, förutom gödsel, vilket bidrar till en utspädning av smittämnen, den antas dock generellt vara låg dvs. ha en mycket begränsad effekt på koncentrationen av smittämnen i materialet.

Inaktiveringshastigheten vid mesofil rötning varierar stort mellan studier. Olsen (1987) presenterar D-värden på 2,1 och 2,4 dagar för *S. Dublin* respektive *S. Typhimurium* samt 1,8 dagar för *E. coli* (medel av serovarer O8 och O147) vid anaerob rötning av flytgödsel från nöt och gris vid 35 °C. Liknande inaktiveringshastighet för *E. coli* beskrivs bland annat av Watcharasukarn *m.fl.* (2009). Pandey et al. (2011) beskriver betydligt lägre inaktiveringshastigheter på 7-8 dagar för *E. coli* vid anaerob rötning av nötgödsel vid 37 °C och 25 °C uppmättes ett D-värde på 9-10 dagar. Avsevärt lägre inaktiveringshastigheter för både salmonella (D-värde 34,5 dagar) och *E. coli* (D-värde 76,9 dagar) beskrivs av Kearney *m.fl.* (1993) i samband med rötning vid 28 °C i en fullskalanläggning för nötflytgödsel, medelreduktionen av salmonella under röttningsprocessen (HRT 24 dagar) uppmättes till 82 %.

### 7.1.7 Konklusion

Det är troligt att salmonella och VTEC-bakterier förekommer i gödseln från infekterade besättningar vid spridning av materialet till mark. Den naturligt förekommande variationen i inombesättningsprevalens och utsöndringsnivåer har stor inverkan på den slutliga koncentrationen av salmonella och VTEC i gödseln. Utspädning av träck med övriga fraktioner i gödsellagret bidrar i låg grad till utspädning av de smittämnen som utsöndrats i träcken.

Reduktionshastigheten för smittämnen vid lagring av gödsel i gödselbrunn och vid tillfällig lagring i fält samt vid mesofil rötning antas generellt vara låg. Smittämnen har även förmågan att tillväxa i gödsel även om det i dagsläget är oklart i hur stor utsträckning detta sker. Baserat på antagandet att det under den semikontinuerliga lagringen i gödselbrunnen vanligen sker en långsam reduktion av smittämnen kan en god reduktion uppnås om tiden från utsöndring i besättningen till spridning av gödseln är lång, medan en mycket begränsad reduktion sker om besättningen fortfarande utsöndrar vid spridningstillfället. Samma princip gäller för gårdsbaserade biogasanläggningar med en längre uppehållstid.

Kompostering i fält kan däremot generellt antas bidra till en god reduktion av salmonella och VTEC i de delar som upprätthåller termofila temperaturer ( $>50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) under behandlingen, dock kan tillväxt ske i kallare zoner. Eftersom det antal parametrar som påverkar tillväxt av smittämnen i miljön utanför sin värd är stort saknas en samlad bild av när och i vilken utsträckning en sådan tillväxt sker. Därmed är nivån och varaktigheten av nettotillväxten svår att förutspå.

## 7.2 SPRIDNING AV SALMONELLA OCH VTEC TILL MARK

Koncentrationen av salmonella och VTEC i mark till följd av spridning av gödsel styrs av den mängd gödsel som appliceras och den koncentration av smittämnen som förekommer i gödseln. Salmonella och VTEC kan även spridas till mark via översvämning av kontaminerat vatten eller via utsöndring från infekterade vektordjur.

### 7.2.1 Begränsning av mängd naturgödsel vid gödselspridning

Mängden gödsel som sprids till åkermark regleras i gällande lagstiftning (SJVFS 2015:21). Koncentrationen av smittämnen som förekommer i materialet beror, som beskrivs i kap. 7.1, av inombesättningsprevalensen, utsöndringsnivå, utspädning och effekt av lagring och annan hantering av gödseln innan spridning till mark.

Den variation i utspädningsgrad som förekommer mellan olika gödselslag antas ha en låg påverkan på koncentrationen av smittämnen som tillförs åkermarken vid spridning av smittad gödsel jämfört med den effekten av utsöndringsnivå och inombesättningsprevalens. Exempel 2 syftar till att tjäna som en illustration av vilken effekt som variationer i inombesättningsprevalens och utsöndringsnivåer har på den koncentration som appliceras på mark. Exemplet inkluderar inte eventuell reduktion eller tillväxt av smittämnen och besättningen antas utsöndra under hela perioden. Det är därmed rimligt att anta att den koncentration som antas på mark i exemplet är högt satt och att koncentrationen i praktiken ofta är lägre. Exempelvis kan koncentrationen antas vara lägre om besättningen enbart utsöndrar i början av den period som gödselbrunnen fylls på jämfört med om de utsöndrar under senare delen påfyllnadsperioden.

**Exempel 2****Frågeställning**

Hur stor koncentration av smittämnen tillförs mark vid spridning av smittad gödsel?

**Grundläggande antaganden**

Antag att 50 % av den maximala givan av gödsel sprids vid ett och samma tillfälle och att de smittämnen som finns i gödseln fördelar sig homogent över åkermarken vid spridningstillfället. Koncentrationen på mark beror av koncentrationen av smittämnen i gödsel (beror i sin tur av koncentration av smittämnen i träck från utsöndrande individer, inombesättningsprevalens och utspädning av träck i gödselbrunn/på gödselstack) och mängd gödsel som sprids. Djupströbädd inkluderas ej då materialet vanligen lagras under komposteringsliknande former och god reduktion antas uppnås under processen.

**Beräkningar**Koncentration av smittämnen i gödsel

Inombesättningsprevalens, utsöndringsnivåer och andel smittade djur per utsöndringsnivå, underlag inhämtat från projektet "Beslutsstöd vid hantering av risk för spridning av zoonotiska smittämnen via vatten till människor och djur" (opublicerat underlag):

| Smittämne  | Inombesättningsprevalens |      | Andel av smittade per utsöndrings-nivå |     |     | Utsöndringsnivå (bakterier/g träck) |     |            |
|------------|--------------------------|------|----------------------------------------|-----|-----|-------------------------------------|-----|------------|
|            | medel                    | hög  | låg                                    | med | hög | låg                                 | med | hög        |
| Salmonella | 17 %                     | 40 % | 0,1                                    | 0,8 | 0,1 | 10                                  | 100 | 10 000     |
| VTEC       | 17 %                     | 30 % | 0,1                                    | 0,8 | 0,1 | 10                                  | 100 | 10 000 000 |

Genomsnittlig utsöndring av smittämnen från ett smittat djur baserat utsöndringsnivå och andel smittade djur per utsöndringsnivå:

Salmonella =  $10 \cdot 0,1 + 100 \cdot 0,8 + 10\,000 \cdot 0,1 = 1\,081$  CFU/g träck

VTEC =  $10 \cdot 0,1 + 100 \cdot 0,8 + 10\,000\,000 \cdot 0,1 = 1\,000\,081$  CFU/g träck

Den genomsnittliga halten bakterier i träck och gödsel, CFU/g (genomsnittlig utsöndring av smittämnen från ett smittat djur \* inombesättningsprevalens \* andel träck i gödselbrunn/stack enligt exempel 1 (dvs. flytgödsel 63 % träck och fastgödsel 85 % träck)):

| Smittämne  | Inombesättningsprevalens | Träck   | Flytgödsel | Fastgödsel |
|------------|--------------------------|---------|------------|------------|
| Salmonella | Medel                    | 184     | 114        | 156        |
|            | Hög                      | 432     | 268        | 368        |
| VTEC       | Medel                    | 170 014 | 105 409    | 144 512    |
|            | Hög                      | 300 024 | 186 015    | 255 021    |

Gödselgiva

Mängd gödsel som sprids baserat på schablonvärden för fosforinnehåll i naturgödsel (0,6 kg/ton flytgödsel, 1,5 kg/ton fastgödsel), samt 50 % av maximal gödselgiva (11 kg fosfor/ha) enligt gällande lagstiftning.

Flytgödsel =  $11/0,6 = 18$  ton/ha (1 800 g/m<sup>2</sup>)

Fastgödsel =  $11/1,5 = 0,7$  ton/ha (700 g/m<sup>2</sup>)



**Exempel 2 (fortsättning)****Koncentration av smittämne på mark**

Genomsnittlig koncentration av smittämnen på mark, CFU/m<sup>2</sup> (koncentration smittämne i gödsel \* gödselgiva) efter spridning summeras i följande tabell:

| Smittämne  | Inombesättningsprevalens | Flytgödsel  | Fastgödsel  |
|------------|--------------------------|-------------|-------------|
| Salmonella | Medelhög                 | 205 087     | 117 153     |
|            | Hög                      | 482 558     | 275 655     |
| VTEC       | Medelhög                 | 189 735 367 | 108 383 778 |
|            | Hög                      | 334 827 119 | 191 265 491 |

I exempel 2 illustreras även effekten av högutsöndrande individer i VTEC-smittade besättningar. Närvaro av högutsöndrare resulterar här i att betydligt högre koncentration av VTEC utsöndras i träck av den genomsnittliga individen jämfört med utsöndring av salmonella. Det är dock rimligt att anta att halten i praktiken ofta är lägre än i exempel 2 då en viss reduktion av smittämnen över tid sker. Därtill är det troligt att det i många fall sker en utspädning av smittad gödsel i osmittad gödsel vilket bidrar till ytterligare reduktion av smittämnen.

### 7.2.2 Spill och läckage av gödsel till jord/mark vid transport

Störst risk för läckage antas vara i samband med att tank/vagn fylls på vid gödsellagret. Dock saknas underlag för att bedöma frekvensen och graden av spill och läckage. Olyckor som i samband med transport resulterar i att större mängder gödsel spills ut kan bidra till att höga koncentrationer av smittämnen förorenar miljön lokalt och därifrån kan spridas vidare i miljön och in i foderkedjan via exempelvis vatten eller vektordjur.

### 7.2.3 Översvämning av mark

Det är inte ovanligt att lantbrukare har marker som översvämmas under odlingssäsongen. Exempelvis visar en enkätundersökning bland svenska mjölkföretagare från 2013 att 29 % (140/476) använt betesmark som varit översvämmad under den senaste säsongen, till åtminstone någon grupp av djur i besättningen. (Ågren *m.fl.*, 2017).

Översvämning av mark kan tillföra både betes- och odlingsmark smittämnen som härstammar från gödselspridning om det översvämmade vattnet tidigare kontaminerats via exempelvis ytavrinning. Som illustreras i Exempel 3 kan detta leda till en ackumulering av smittämnen på mark. I exemplet jämförs den mängd smittämne som ett nötkreatur kan få i sig genom att dricka kontaminerat ytvatten med den mängd smittämne som ett nötkreatur kan få i sig genom att beta på en yta som varit översvämmad med kontaminerat ytvatten. Observera att nötkreaturet i exemplet antas få i sig hela den mängd smittämne som ansamlas på marken då vattnet sjunker undan. Hur hög koncentration som ett nötkreatur exponeras för vid bete på översvämmad mark påverkas av tiden från översvämningshändelsen till betessläpp samt av hur stor mängd sediment som fäst vid betesgrödan eller konsumeras av djuret på annat sätt. Det är en överskattning att räkna med att betande djur får i sig hela den mängd smittämne som ansamlats på marken eftersom en reduktion av antalet bakterier sker över tid och eftersom det inte är sannolikt att det betande djuret får i sig allt material som sedimenterat. Dock står klart att ackumulering av smittämnen i sediment i samband med

översvämning resulterar i en ökad risk för att betande djur får i sig betydligt högre doser vid bete jämfört med om de skulle dricka av det vatten som översvämmar marken.

### Exempel 3

#### Frågeställning

Hur stor är den smittdos som ett nötkreatur utsätts för vid bete på mark som översvämmats av vatten som kontaminerats via spridning av gödsel från en smittad besättning jämfört med om det kontaminerade vattnet direktkonsumeras?

#### Grundläggande antaganden

Beräkningen baseras på en översvämningsnivå av 1 dm och dosen på mark ställs i relation till den dos som intas vid konsumtion av 50 liter vatten vilket här antas vara det normala dygnsintag av vatten för ett vuxet nötkreatur. Här antas att ingen reduktion eller tillväxt av smittämnen förekommer samt att nötkreaturet får i sig hela den mängd smittämne som ansamlats och att översvämningen resulterar i en homogen fördelning av smittämnen på den mark som betas. Litteraturvärden har hämtats från Jordbruksverkets skrift "Nötkreatur på bete" och "Dikor i ekologisk produktion" LST Dalarna och Gävleborg 8.

#### Beräkning baserad på djurtäthet och längd på betesperioden

Beräkningen utgår från:

- Djurtäthet - rekommendationen två djur (>1år) per ha (1 ha = 10 000m<sup>2</sup>) och betessäsong baserat på riktvärden för betesyta enligt litteraturen.
- Längd på betesperioden – 90 dygn bete vilket motsvarar drygt halva betessäsongen baserat på att djuren släpps ut i juli när marken hunnit torka upp och tas in i oktober när betet är slut.

Baserat på antagen djurtäthet och längd på betet har varje djur möjlighet att beta 2 500 m<sup>2</sup> (10 000 m<sup>2</sup>/2 [djur], under halva betessäsongen), vilket motsvarar ca 30 m<sup>2</sup> betesyta per dygn (2 500 m<sup>2</sup> /90 dygn).

#### Smittdos

Vattenvolym på betesytan för ett djur motsvarar 3 000 liter vatten (0,1 m \* 30 m<sup>2</sup> = 3 m<sup>3</sup>). Detta resulterar i en upp till 60 ggr högre smittdos per dygn (3 000/50 liter), jämfört med att dricka det infekterade vattnet.

#### Beräkning baserad på rekommenderat foderintag under bete

Beräkning utgår från:

- Foderbehov för ett nötkreatur – 2000 kg torrs substans (TS) på bete under en betessäsong (1000-2100 kg TS enligt litteraturen)
- Längd på betessäsong – 150 dygn
- Torrs substans på bete – 2 500 kg TS per hektar under en betessäsong (1000 - 4000 kg TS per hektar enligt litteraturen) vilket motsvarar 0,25 kg TS/m<sup>2</sup>

Baserat på antaget foderbehov och betessäsong är foderintaget ca 13 kg TS per dag (2000 kg TS /150 dygn). För att få i sig 13 kg TS behöver ett djur beta 52 m<sup>2</sup> betesyta per dygn (13 kg/0,25kg TS per m<sup>2</sup>)



**Exempel 3 (fortsättning)****Smittdos**

Vattenvolymen på betesyten för ett djur motsvarar 5 200 liter vatten ( $0,1 \text{ m} \times 52 \text{ m}^2 = 5,2 \text{ m}^3$ ). Detta resulterar i en upp till ca 100 ggr högre smittdos per dygn, jämfört med att dricka det infekterade vattnet.

## 7.2.4 Överlevnad av salmonella och VTEC i/på jord/mark

### 7.2.4.1 Överlevnad, tillväxt och reduktion

Överlevnad av salmonella och VTEC i gödselinblandad jord påverkas av gödselns sammansättning men även av andra faktorer som naturligt förekommande mikroorganismer, temperatur och pH (Xiuping *m.fl.*, 2002; Franz *m.fl.*, 2005). Även valet av spridningsteknik påverkar överlevnad och reduktion av smittämnen i/på jord/mark genom att påverka vilka omgivningsfaktorer som smittämnen exponeras för. Ytspridning har fördelen att smittämnet utsätts för torka och UV-strålning vilket generellt har en reducerande effekt på smittämnen (Hutchison et al., 2004; Semenov et al., 2009). Dock ökar ytspridning risken för smittspridning genom öppen exponering och ökad frekvens av ytavrinning i samband med regn och översvämningar. Vid nedplöjning eller myllning minskar risken för den typen av smittspridning samtidigt som bakterien vanligen får en mer gynnsam miljö för överlevnad (Hutchison *m.fl.*, 2004).

Även om det generellt sker en reduktion över tid efter att gödsel applicerats till mark har flera studier visat att smittämnen kan överleva långa perioder i jord. Nyberg *m.fl.* (2010) visade i kvalitativa studier av överlevnad av salmonella och VTEC att smittämnen kunde återfinnas i mer än 180 dagar i gödselinblandad jord. Även flera andra studier har rapporterat lång överlevnad av smittämnen i gödselinblandad jord; för salmonella på upp till 332 dagar i gödslad jord (Islam *m.fl.*, 2004; Holley *m.fl.*, 2006; You *m.fl.*, 2006) och för VTEC i upp till 231 dagar (Jiang *m.fl.*, 2002; Fremaux *m.fl.*, 2008).

Vid fördelaktiga förhållanden kan både salmonella och VTEC tillväxa i jord. Studier har visat på tillväxt av VTEC O157 i jord vid odling av lök och morötter (Islam et al., 2004a) vilket tyder på att rottillväxt/rhizosfären kan ha en inverkan på tillväxtmöjligheten för smittämnen.

## 7.2.5 Konklusion

Salmonella och VTEC kan tillföras mark vid spridning av gödsel från smittade besättningar då gödseln sprids till åkermark. Som beskrivs ovan är koncentrationen som tillförs marken beroende av hur hög koncentrationen är i den gödsel som sprids och hur stor mängd gödsel som appliceras vid det givna tillfället.

Mark kan även kontamineras av vektordjur eller via översvämning. Dessa händelser förutsätter i nuvarande riskvärdering att vektordjur eller vatten tidigare infekterats eller kontaminerats som ett resultat av spridning av smittad gödsel. Detta berörs närmare i kap. 7.4 och 7.5.

Efter att salmonella och VTEC har tillförts jord/mark kan smittämnen överleva lång tid i gödselinblandad jord. Många olika omgivningsfaktorer påverkar överlevnaden och bidrar till en stor naturlig variation i överlevnadstider. Även om tillväxt kan ske i jord antas generellt koncentrationen av salmonella och VTEC i jorden/ på marken minska över tid.

### 7.3 KONTAMINATION AV GRÖDOR OCH FODER

Sannolikheten att smittämnen finns kvar i/ på jorden eller grödan vid skörd/betessläpp beror bl.a. av gödselslag, val av spridningsteknik, hur lång tid som passerar mellan kontaminationshändelsen och skörd/betessläpp. Spridning av smitta mellan besättningar via bete förutsätter att gödsel från annan än den egna sprids på vall som därefter betas.

#### 7.3.1 Kontamination av bete och grödor i fält

Kontamination av grödor kan förekomma när spridning av gödsel sker i växande gröda eller genom att gödsel stänker upp på grödor vid kraftigt regn eller via översvämning av fekal kontaminerat vatten men även genom internalisering (upptag) av smittämnen i växten.

Även i samband med bevattning med kontaminerat vatten kan kontamination grödor och bete ske. Överföring av smittämnen från fekal kontaminerat bevattningsvatten till grödor har på humansidan kopplats till flera utbrott av salmonella och VTEC och även överföring till fodergrödor har påvisats (Weinberg *m.fl.*, 2004). I denna riskvärdering antas dock generellt att bevattning av fodergrödor inte sker.

I likhet med tider för överlevnad i jord återfinns naturlig variation i överlevnaden av salmonella och VTEC på grödor. Holley *m.fl.* (2008) kunde vid studier av grovfoderprover inte påvisa någon salmonella 23-25 dagar efter spridning av svingödsel. Salmonella kunde vid denna tidpunkt inte heller påvisas i jord. Östling och Lindgren (1991) detekterade *E. coli* på gräs under mer än 7 veckor efter gödsling av vall. Detta tyder på att överlevnad på grödor generellt kan räknas i veckor snarare än månader och år.

Flera studier har visat att smittämnen kan internaliseras i grödor (Itoh *m.fl.*, 1998; Solomon *m.fl.*, 2002; Cooley *m.fl.*, 2003; Barak och Liang, 2008; Tobi och Böhm, 2009). Exempelvis har internalisering påvisats i korn och vete (Kutter *m.fl.*, 2006; Martinez *m.fl.*, 2015). Arthurson *m.fl.* (2011) visade på avsaknad av internalisering av salmonella i spenat trots höga koncentrationer av smittämnen i jorden. Resultaten tyder på att sannolikheten för internalisering varierar mellan olika grödor och även är beroende av kontaminationsgraden i jorden, vilket även stöds av studier utförda av Tobi och Böhm (2009). Det är dock oklart i vilken utsträckning internalisering sker i naturligt kontaminerade jordar samt vilken effekt som internalisering har på överlevnad av smittämnen fram till betessläpp/skörd och vid konservering av foder.

I samband med bete är det inte enbart förekomst av salmonella och VTEC på grödor som är av vikt. Som ett resultat av nötkreaturs betesteknik kan de konsumera flera hekto jord per dag (Thornton and Abrahams, 1983). Som illustreras i exempel 4 kan detta i teorin resultera i att höga koncentrationer av smittämnen konsumeras.

**Exempel 4****Frågeställning**

Hur stor dos av smittämne konsumerar ett nötkreatur vid bete på gödslad mark?

**Grundläggande antaganden**

Den dos smittämne som konsumeras beror av mängden jord som ett nötkreatur konsumerar i samband med bete. Här antas att hela den tillsatta koncentrationen av smittämnen uppehåller sig i jorden samt att smittämnena är homogent fördelade över betesmarken och marken betas jämnt.

**Beräkning**

Beräkningen utgår från att:

- Jordkonsumtion vid bete är  $<2,25\%$  jord per kg TS foder (Thornton och Abrahams, 1983)
- Foderbehovet för ett nötkreatur 13 kg TS per dygn (baserat på beräkningar i exempel 2).
- Koncentration smittämnen per kvadratmeter 205 087 CFU salmonella per  $m^2$  respektive 189 735 367 CFU VTEC per  $m^2$  (baserat på beräkningar i exempel 2)
- Nedmyllning av smittad gödsel sker och att detta resulterar i att smittämnena fördelas i de översta 10 cm av jord.
- $1 m^3$  jord väger 80 kg.

Mängden jord som konsumeras vid bete uppskattas utifrån detta till 0,3 kg jord per dygn ( $13 \text{ kg TS per dygn} * 0,0225$ ).

Den koncentration smittämne som tillförts per kvadratmeter av mark i samband med spridning av smittad gödsel återfinns efter nedmyllning i en jordvolym på  $0,1 m^3$  ( $1 m * 1 m * 0,1 m$ ) vilket motsvarar 8 kg jord.

Detta resulterar i en tillgänglig koncentration av:

- $205\,087 \text{ CFU salmonella per } 8 \text{ kg jord} = 25\,636 \text{ CFU salmonella per kg jord}$
- $189\,735\,367 \text{ CFU VTEC per } 8 \text{ kg jord} = 23\,716\,921 \text{ CFU VTEC per kg jord}$

**Intagen dos vid bete på gödslad mark**

Konsumtion av 0,3 kg jord per dygn motsvarar utifrån ovanstående antaganden och beräkningar en dygnsdos på  $<7691 \text{ CFU salmonella per dag}$  samt  $<7\,115\,076 \text{ CFU VTEC per dygn}$  vid bete i samband med spridning av gödsel och en konsumtion av 0,3 kg jord per dygn.

**7.3.2 Kontamination av grödor vid skörd**

I samband med skörd av fodergrödor kan jordinblandning resultera i kontamination med salmonella och VTEC (Konsten att storbalsensilera - en guide för effektiv produktion av storbalsensilage, 1995; Ensilering av vallfoder, 2003; Buxton och O'Kiely, 2003). Det är oklart i hur stor utsträckning jordinblandning vid skörd sker i praktiken. Sannolikheten för att en gröda kontamineras av salmonella och VTEC i samband med skörd är kopplad till smittämnenas förmåga att överleva i jorden från tidpunkten för spridning av gödseln och

fram till skörd. Generellt är minimitiden mellan gödselspridning och skörd kortast för vall, omkring en månad, och längre för övriga grödor (spannmål, trindsäd och oljeväxter), två till fyra månader.

Även stubbhöjd anses vara en viktig faktor kopplat till sannolikhet för kontamination av grödor i samband med skörd. Även om stubbhöjden kan variera antas generellt att en stubbhöjd på 6-8/ 8-10 cm (låg/hög stubbhöjd) är lämplig för slåtter av vall, 10-20 cm för majs, 15 cm för spannmål och ca 20 cm för trindsäd och oljeväxter (Ensilering av vallfoder, 2003; Allen *m.fl.*, 2003; Abrahamsson, 2008)<sup>5</sup>. Förtorkning av grödor som vall och höstraps kan också resultera i jordinblandning. Dock bidrar stubben till att lyfta strängen och på så vis minska risken för jordinblandning. Sammantaget kan en högre stubbhöjd vanligen antas vara förknippat med en lägre sannolikhet för jordinblandning.

Sannolikheten för jordinblandning kan även påverkas genom val av tidpunkt för skörd. Exempelvis kan tröskning av ärtor vid blöt väderlek öka risken för att ärtreven lossnar och tillsammans med jord dras in i tröskan. Även åkerböna bör tröskas efter en torrperiod på några dagar så att stjälk och baljor är spröda och grödan oftast står upp. (Pedersen, 2004)

### 7.3.3 Konservering och lagring av foder

Konservering av fodergrödor syftar i första hand till att förhindra tillväxt av oönskade mikroorganismer och inte att reducera koncentrationen av redan förekommande mikroorganismer. Metoderna bygger därför på att förändra eller helt ta bort en eller flera av de grundläggande förutsättningarna för bakteriell tillväxt (tabell 4).

Tabell 4. Konserveringsmetoder inkluderade i riskvärderingen och den faktor som i ett korrekt utförande påverkas för att begränsa risken för tillväxt av oönskade mikroorganismer.

| Konserveringsmetod                  | Primärt begränsande faktor |
|-------------------------------------|----------------------------|
| Torkning                            | Vattenhalt                 |
| Syrabehandling                      | pH                         |
| Lufttät lagring                     | Syretillgång               |
| Ensilering av vall/helsädesensilage | pH, syretillgång           |
| Krossensilering                     | pH, syretillgång           |

Även om svenskproducerade foderråvaror traditionellt inte ses som högriskråvaror när det gäller förekomst av smittämnen har studier vid SVA visat att salmonella förekommer på svenska växtodlingsgårdar (Elving och Thelander, 2017). Inom den genomförda studien provtogs 80 svenska växtodlingsgårdar varav salmonella påvisades på 3 gårdar (ca 4 %). Studien genomfördes som en uppföljning till de två fall där en svensk foderproducent genom sin egenkontroll påvisade förekomst av salmonella i spannmål som levererats från två olika svenska växtodlingsgårdar. Ett mer specificerat underlag för förekomst av salmonella och VTEC i specifika svenska foderråvaror saknas. Detta visar att salmonella inte enbart kan påvisas i den anläggning där spannmålen hanteras, konserveras och lagras utan även i de partier som levereras till foderproduktionsanläggningar. För VTEC saknas motsvarande underlag men det är troligt att även VTEC kan introduceras till foderfabriker denna väg.

<sup>5</sup> RISE, kontakt via e-post 2017-11-21

Bristfällig konservering av fodergrödor eller hantering under lagring kan leda till förekomst av salmonella och VTEC i fodret vid utfodring. Kontamination av foder på lager antas framförallt förorsakas av vektordjur. Dock antas att sannolikheten för kontamination varierar beroende på förekomst av vektordjur och möjlig kontakt mellan vektordjur och lagrat foder.

Ett fåtal bakterier kan vid gynnsamma förhållanden tillväxa i såväl foder som i utfodringsanläggningen. Om foderkonserveringen inte lyckats fullt ut och bakterierna får tillgång till näringsämnen, syre och vatten kommer de att växa till. I anläggningen skapar fuktiga avlagringar goda förutsättningar för tillväxt av salmonella och VTEC. Toppen på silo och tork samt rörstumpar är exempel på delar av anläggningen där avlagringar kan bildas, falla ner och kontaminera färdigfoder. Att smittämnen endast förekommer i låga koncentrationer i fodret efter konservering utgör därför inte någon garanti för att infektion inte kan uppstå.

#### 7.3.3.1 *Fabriksproducerat pelleterat foder*

En viktig skillnad mellan fabriksproducerat pelleterat foder och foder konserverat och lagrat på gård är den värmebehandling som sker i pelleteringsprocessen. Värmebehandlingen anses vara en effektiv metod för att reducera mängden salmonella och VTEC i foder (EFSA, 2008; Furuta et al., 1980; McCapes et al., 1989; Wierup, 2006). Större delen av det fabriksproducerade fodret i Sverige värmebehandlas innan det levereras. Dock har studier visat att höga koncentrationer av smittämnen i ingående råvara kan resultera i att en mindre andel av smittämnen kan överleva värmebehandlingen (EFSA, 2008).

Återkontaminering av det färdigpelleterade fodret kan ske på flera sätt. Exempelvis via den mänskliga faktorn då rutiner på fabriken inte följs men även via skadedjur i form av gnagare, fåglar och insekter som vistas i omgivningen runt och ibland inne i fabriken.

Foderfabrikens egen HACCP bidrar till att minimera risken för återkontaminering av det värmebehandlade foder och möjliggör detektion av kvarvarande salmonellabakterier. Dock sker ingen aktiv övervakning av förekomst av VTEC i foderfabriker.

#### 7.3.4 Konklusion

Kontamination av grödor i fält kan förekomma, exempelvis i samband med spridning av smittad gödsel i växande gröda eller till följd av stänk i samband med kraftig nederbörd. Jämfört med den långa överlevnad som kan ses i jord antas överlevnad på grödor generellt vara kort (veckor snarare än månader och år). Det är oklart i hur stor utsträckning internalisering av smittämnen förekommer och vilken effekt det har på foderhygien.

Även om den reduktionshastighet som uppnås i jord varierar så är det tydligt att sannolikheten för att konsumera en infektiös dos av smittämnen minskar om djur inte släpps på bete direkt efter spridning av smittad gödsel.

Inblandning av jord i samband med skörd kan antas förekomma men det är oklart i hur stor utsträckning och i vilken mängd jordinblandning sker och detta kan antas variera mellan olika grödor och geografiska platser i Sverige. Effekten av jordinblandning på foderhygien

torde även variera mellan olika typer av foder. I exempelvis ensilage är det möjligt att en jordinblandning förekommer mycket lokalt och därmed kan utsätta ett specifikt djur för en högre dos av smittämnen jämfört med foderslag som hanteras mer innan utfodring där smittämnena delvis kan antas spädas ut.

Antagandet att koncentrationen av salmonella och VTEC till följd av påverkan från omgivningsfaktorer minskar över tid gör att sannolikheten att foder bär med sig en infektiös dos av smittämnen generellt är lägre för de fodermedel där tiden mellan kontaminationshändelsen och exponering av nötkreatur är längre. Detta gäller förutsatt att en god foderhygien upprätthålls från skörd av grödor fram till utfodring.

Konservering antas generellt inte vara en tillräcklig barriär för att inaktivera smittämnena, men tjänar till att begränsa tillväxt av smittämnena i fodret. Sannolikheten för smittspridning via gårdsproducerat foder är potentiellt större jämfört med värmebehandlat fabriksproducerat foder. Tillväxt av smittämnena kan ske i foder under konservering eller lagring.

### 7.4 TRANSPORT AV SMITTÄMNEN TILL VATTEN

Koncentrationen av salmonella och VTEC vid uttagspunkten för grund- och ytvatten beror på den koncentration som tillkommit till marken, hur väl olika händelser förmår transportera smittämnena från markytan till grund- eller ytvatten och vidare till uttagspunkten samt smittämnenas överlevnad, avdödning och tillväxt i miljön.

Generellt gäller att mikroorganismer i en jord-gödselmatrix återfinns i tre olika stadier, i) fäst till jordpartiklar, ii) fäst till gödsel, iii) som fria mikroorganismer eller i klumpar av mikroorganismer. Transport på eller från markytan påverkas av det stadie som bakterierna befinner sig i men även av ett stort antal andra parametrar kopplade till jordens egenskaper t.ex. jordmån, tjocklek på jordlager, sprickor, bergart, porositet, kemiska parametrar och mättnadsgrad samt till egenskaper hos de mikrobiella cellerna t.ex. storlek, form, hydrofobicitet och elektrostatiska laddningar (Morris *m.fl.*, 2003; Tyrrel och Quinton, 2003; Pandey *m.fl.*, 2014). Andelen smittämnen som transporteras horisontellt på markytan via ytavrinning och den andel som transporteras vertikalt i marken till dräneringsrör eller grundvatten varierar även utifrån tidpunkt för spridning kopplat till väderhändelser som hög nederbörd och översvämning.

Transport och överlevnad av smittämnena efter att det nått vatten påverkas av faktorer som strömmar, vindar, temperatur, vattenkemi, naturligt förekommande mikroorganismer och UV-strålning. Utöver den reduktion av salmonella och VTEC som nämnda parametrar bidrar till kan en minskning i koncentrationen av smittämnena i den fria vattenvolymen till följd av sedimentering och utspädning med icke kontaminerat vatten ske.

#### 7.4.1 Grundvatten

Smittämnena kan genom infiltration transporteras vertikalt från ytan via den omättade zonen till grundvattenytan och in i den mättade zonen och grundvattendepån. De fyra huvudsakliga processer som påverkar sannolikheten för och graden av mikrobiell kontamination av grundvatten är utspädning, filtrering, adsorption och reduktion. Dessa processer påverkar även transport från markytan till dräneringsrör. Generellt gäller att



transport av mikroorganismer är större i den mättade zonen än i den omättade zonen och att mikroorganismer lättare adsorberas till partiklar i omättade jordar. Även transporthastigheten skiljer de båda zonerna åt. I den omättade zonen överstiger det naturliga flödet vanligen inte 0,2 m per dag på kort sikt och över en längre period är medlet ännu lägre (Morris *m.fl.*, 2003).

Smittämnen kan även tillföras grundvattnet via ytvattenkontamination av öppna eller otäta brunnar. Detta erbjuder en mer direkt transportväg från ytan till grundvattnet där ovan nämnda processer har låg eller ingen effekt på koncentrationen av smittämnen. Stora nederbörds mängder är en känd faktor som kan förorsaka ytvattenkontamination av brunnar.

Det kan i praktiken vara svårt att skilja filtrering och adsorption åt. I hur stor grad filtrering och adsorption bidrar till att minska den koncentration av smittämnen som når grundvatten varierar över landet. Generellt gäller att små celler lättare kan passera genom de porer som finns i jordstrukturen, och bakterier rör sig därför lättare nedåt i marken än större celler som protozoer. Finkornigare jordtyper, som ler och silt, har små porer och filtrerar därför mer effektivt bakterier (Canter och Knox, 1988). Adsorption av smittämnen beror av mikroorganismernas egenskaper, pH och typen av material i den omättade zonen. Vid ett neutralt pH har bakterier vanligen en negativ ytladdning. Detta resulterar i en låg adsorptionsgrad då även de flesta jordpartiklar är negativt laddade. Dock kan förändringar i pH samt närvaro av material med positiva ytladdningar resultera i en ökad adsorption (Morris *m.fl.*, 2003). Processerna i sig avdödar inte smittämnen och kan därmed bidra till en ökad ackumulering av smittämnen i den omättade zonen.

Tillgänglig litteratur rörande överlevnad i grundvatten är främst kopplad till virus och underlaget för bakteriell överlevnad är begränsat. Toze *m.fl.* (2010) rapporterar ett D-värde på 1 dag för salmonella i grundvatten. Andra studier tyder på att smittämnen är relativt stabila i grundvatten (Bitton *m.fl.*, 1983).

#### 7.4.2 Ytvatten

Fekal kontamination av ytvatten kan ske via tillflöde av kontaminerat grundvatten eller dräneringsvatten, direkt fekal kontamination från infekterade djur samt via ytavrinning från mark. Såväl fåglar som andra vektordjur kan antas uppehålla sig i och intill vatten och därmed via utsöndring av smittämnen i träck bidra till fekal kontamination av ytvatten (se kap. 7.5). Transport av smittämnen från det att de tillförs ytvatten och fram till uttagspunkten styrs framförallt av vattenflöden/strömmar och vindar vilket även påverkar graden av utspädning.

Förutsatt att salmonella och VTEC transporteras från yta till grundvatten (se kap. 7.4.1) kan smittämnen via transport i grundvattnet tillföras ytvatten. Transporttiden i grundvatten till ytvatten är vanligen relativt lång. För grundvatten kan många år passera från det att vatten infiltreras genom den omättade zonen till den mättade zonen och där transporteras till ett ytvatten. Dock kan betydligt högre flödes hastigheter än normalt uppstå till följd av sprickbildningar i systemet. (Morris *m.fl.*, 2003; Bradford *m.fl.*, 2013) Koncentrationen av smittämnen som når ytvatten denna väg kan därför generellt antas vara mycket låg till följd av filtrering, adsorption och utspädning samt till följd av reduktion av smittämnen över tid. Eftersom tiden för förflyttning från markytan där gödseln spridits till slutpunkten kan vara

så kort som något dygn vid ytavrinning, har effekten av reduktion på koncentrationen av smittämnen mindre betydelse än vid transport till grundvatten.

Dränering av odlingsmark förekommer i hela Sverige och 2013 var ca 50 % av åkermarken systemtäckdikad (Jordbruksverket, 2014). Det rekommenderade minsta djupet för grenledning vid dränering är 0,9 meter enligt lägningsanvisningen (Jordbruksverket, 1996). Generellt är transporttiden från markyta till dräneringsrör avsevärt kortare än transporttiden till grundvatten. Transport från markytan till dräneringsrör påverkas av filtrering, adsorption, utspädning och reduktion (Morris *m.fl.*, 2003; Samarajeewa *m.fl.*, 2012; Pandey *m.fl.*, 2014), om än i lägre utsträckning än transport till grundvatten. Dräneringsrör erbjuder därmed en mer direkt transportväg för smittämnen till ytvatten och kan bidra med höga halter smittämnen till ytvatten (Warnemuende och Kanwar, 2002; Lapen *m.fl.*, 2008; Lemke *m.fl.*, 2011; Samarajeewa *m.fl.*, 2012). Exempelvis beskriver Joy *m.fl.* (1998) koncentrationer mellan 0 – 1400 CFU *E. coli*/100 ml i dräneringsvatten från åkermark efter spridning av flytgödsel. Sannolikheten för kontamination via dräneringsflöden har visats vara starkt kopplad till nederbördsmängden och vid applikation av gödsel på vattenmättade jordar (Joy *m.fl.*, 1998; Lemke *m.fl.*, 2011; Samarajeewa *m.fl.*, 2012).

Andelen smittämne som transporteras via ytavrinning är kraftigt beroende av jordens genomsläpplighet. Jordarten, och därmed genomsläppligheten, varierar stort mellan olika delar av landet. Generellt är ytavrinningen stor på lerjordar, medan nästintill allt vatten infiltreras i grova jordar vilket bidrar till minskad avrinning från ytan. Exempelvis är genomsläppligheten hög på hela Alvaret (hela södra Öland), medan genomsläppligheten i de mitre delarna är lägre, och följaktligen kan en högre andel av ytavrinning antas i dessa områden på Öland (<https://www.sgu.se/>). Den andel smittämne som transporteras till ytvatten via ytavrinning påverkas även av områdets topografi, med en ökad sannolikhet för ytavrinning på sluttande åkermarker jämfört med plan åkermark. (Walker *m.fl.*, 1990).

Skyddszoner i form av en vallbesädd zon mot ett vattenområde kan bidra till minskad transport av smittämnen via ytavrinning (Yu *m.fl.*, 2013; Olilo *m.fl.*, 2016). Den förväntade effekten av skyddszoner på ytavrinning varierar stort och påverkas bl.a. av om bakterierna är bundna till partiklar eller om det förekommer fria i vattenmassan, den lokala topografin, utformning av skyddszonen och klimatrelaterade faktorer (Walker *m.fl.*, 1990; Munoz-Carpena *m.fl.*, 1999; Olilo *m.fl.*, 2016). Minskad transport uppnås genom att vegetationen i skyddszonen saktar ner vattenflödet och stoppar upp bakterier som fäst till jord- och gödselpartiklar. Rotsystemet i skyddszonen kan även fånga upp ytligt vatten och därmed bidra till minskad transport av smittämnen till ytvatten.

#### 7.4.2.1 Sediment och resuspension

Sedimentering av smittämnen kan bidra till en lägre koncentration av salmonella och VTEC i den öppna vattenvolymen. Dock visar flera studier på längre överlevnad i sediment jämfört med i vatten. Exempelvis har *S. Typhimurium* visats överleva 119 dagar i sediment jämfört med 54 dagar i vatten vid 23 °C (Moore *m.fl.*, 2003). Förlängd överlevnad av indikatororganismer och smittämnen salmonella och VTEC, i sediment i förhållande till i öppen vattenvolym beskrivs även av andra författare (Burton, 1987; Fish och Pettibone, 1995; Anderson *m.fl.*, 2005). Sediment kan även tjäna som näringskälla för tillväxt av bakterier (Burton, 1987; Bergstein-Ben och Stone, 1991; Fish och Pettibone, 1995). Detta



innebär att smittämnen kan ansamlas i sediment över lång tid, eventuellt tillväxa och vid kraftiga regn och/eller vindar när sediment resuspenderas eller i samband med att betande djur rör sig i vattnet återförs till den öppna vattenvolymen.

#### 7.4.2.2 Modell för spridning av smitta till ytvatten

Beräkningsmodeller för spridning kan användas för att simulera transport av smittämnen i miljön. Sådana modeller kan användas för att ställa olika scenarion och riskreducerande åtgärder i relation till varandra. Därigenom kan modeller användas för att identifiera scenarion och faktorer som har stor inverkan på smittspridning, exempelvis vilka transportvägar som är förknippade med högst sannolikhet för smittspridning. I likhet med en riskvärdering görs antaganden för ingående värden och förändringar i dessa kan ha stor påverkan på resultatet av modelleringen. Det är därför viktigt att poängtera att resultatet från en modell enbart gäller under de givna antagandena och för det specifika scenario/den plats som modelleringen genomförts.

Statens Veterinärmedicinska Anstalt, Sveriges Lantbruksuniversitet, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut samt Chalmers tekniska högskola har inom projektet ”Beslutsstöd vid hantering av risk för spridning av zoonotiska smittämnen via vatten till människor och djur” (opublicerad data, rapportpublicering planerad under 2018) modellerat transport av smittämnen till ytvatten. Här redovisas de delar från detta material som bedömts vara relevanta för nuvarande riskvärdering. Smittspridning simulerades inom projektet i fyra olika geografiska områden med olika markegenskaper och med avrinning till en sjö respektive åar. Tidpunkter för simuleringarna valdes utifrån väderdata så att det inkluderade ett kraftigt regnfall under april eller maj. I simuleringarna antogs spridning av smittad gödsel på all åkermark i områdena. De scenarios som studerades avspeglade tillförsel av olika koncentration av smittämne i den spridda gödseln. Slutpunkten för simuleringarna sattes till en punkt vid utflödet från de åar och en specifik punkt i den sjö som inkluderats i modellen. I verkligheten kan dessa slutpunkter t.ex. motsvara en punkt där betande djur dricker vatten direkt ur vattendraget eller sjön alternativt en punkt där uttag av vatten till djur sker.

Vid simuleringarna hade mängden smittämne i gödseln som spreds (antal bakterier per gram) beräknats utifrån mängd utsöndrat smittämne i träcken från infekterade djur, andel infekterade djur i besättningen och andel infekterade besättningar i området. Generellt estimerades att koncentrationen salmonellabakterier i gödsel var lägre än koncentrationen av VTEC bakterier. Den enskilda faktor som hade störst betydelse för koncentrationen bakterier i gödsel var utsöndringsgraden hos infekterade djur eftersom skillnader i utsöndring kan handla om många tiopotenser.

I simuleringarna antogs att ingen utspädning eller avdödning/tillväxt av smittämnen skett innan spridning av gödseln och att hälften av den tillåtna årsmängden gödsel spreds vid ett tillfälle. Vidare antogs vid simuleringarna att den gödsel som spridits plöjdes ned och att det resulterade i att 5 % av gödselvolymen var kvar på ytan efter nedplöjning. För spridning av smittämnen via ytvavrinning är yt-spridning av primärt intresse, men eftersom förhållandet mellan mängden smittämne som finns kvar på ytan och koncentrationen av smittämne i slutpunkten i modellen är linjärt, så kan slutresultaten från vattenspridningsmodellen räknas upp med 95 % för att få fram resultat för yt-spridning utan nedplöjning.

Efter spridning av gödseln till åkermark antogs avdödning av smittämne ske, en halveringstid på 3 dagar för salmonella och VTEC. Smittämnenas halveringstid hade vid ytavrinning inte så stor betydelse för slutresultatet eftersom tiden för förflyttning från markytan där gödseln spridits till slutpunkten antogs vara kort (endast något dygn). Däremot hade halveringstiden större effekt på halten bakterier som tillfördes via vatten som filtrerats genom marken, eftersom filtreringen i sig bidrar till att det tar flera månader för bakterierna att nå de slutpunkter som satts upp för simuleringarna. Ytterligare en faktor som påverkade tillförsel av smittämne från vatten som infiltrerats i marken är adsorptionen av smittämnen till markpartiklar. Adsorptionen antogs vara mycket hög och relaterad till lerhalten i jorden. Sammanfattningsvis var det, utöver mängden bakterier som spridits, även graden av ytavrinning som hade störst betydelse för koncentrationen bakterier i slutpunkten.

Simuleringarna visade att smittämnen som tillförts åkermark genom spridning av smittad gödsel kunde återfinnas i de inom projektet definierade slutpunkterna. Koncentrationen av smittämne i vattnet i slutpunkten på de i projektet utvalda platserna varierade kraftigt och berodde framför allt av mängden smittämne som spreds och graden av ytavrinning. Resultaten från modelleringarna visade att en infektiös dos av salmonella inte uppnåddes i vattnet i de valda slutpunkterna, men för VTEC uppnåddes en infektiös dos för kalvar i flera av de simulerade scenarierna.

#### 7.4.3 Konklusion

Transport av smittämnen till yt- och grundvatten förekommer och sannolikheten för att uppnå infektiös dos vid en uttagpunkt beror framför allt av den mängd smittämne som tillförs marken. Generellt gäller att transport till grundvatten är kopplat till betydligt fler naturliga barriärer som resulterar i en reduktion av koncentrationen av smittämnen som når grundvattnet jämfört med transport till ytvatten. Följaktligen bedöms uttag och användning av grundvatten utgöra en lägre sannolikhet för smittspridning än ytvatten. Detta gäller även om det råder viss oklarhet rörande hur lång överlevnad som smittämnen har i grundvattenmiljön.

En kort transportsträcka från kontaminationsplatsen till uttagpunkten förknippas generellt med en ökad sannolikhet för smittspridning vilket gäller både yt- och grundvatten. För grundvattenbaserade uttagpunkter kan även ytvattenkontamination, exempelvis via inflöde av ytvatten i brunn, utgöra en ökad sannolikhet för smittspridning.

Genom att förbjuda spridning av naturgödsel på mark som lutar mot vattendrag och inrätta skyddszoner nyttjas naturliga barriärer för att minska sannolikheten för att koncentrationer som motsvarar infektiösa doser transporteras till vatten. Generellt gäller att nedbrukning av gödsel minskar sannolikheten för ytavrinning av en större mängd smittämnen. Dock påverkas sannolikheten för transport även i dessa fall av andra omständigheter och åtgärderna utgör inte en fullgod barriär mot transport av smittämnen till vatten.

Överlevnaden av smittämnen är längre i sediment jämfört med i öppet vatten. Smittämnen kan även tillväxa i sediment. Ansamlingar av smittämnen kan genom upplösning av sediment, exempelvis i samband med kraftiga regn, bidra till förekomst i vattnet långt efter att den direkta transporten till vatten har upphört.

## 7.5 SMITTA TILL OCH FRÅN VEKTORDJUR

Vektordjur kan infekteras via konsumtion av kontaminerade grödor, foder eller vatten och kan även kontaminera grödor, foder och vatten. För att agera som smittspridare krävs att vektordjur infekteras av smittämnet och utsöndrar det i en tillräckligt hög koncentration för att kunna infektera ett nötkreatur. Alternativt krävs att vektordjuret utsöndrar sin avföring på en plats där tillväxt av smittämnet är möjlig.

I flera studier beskrivs närvaro av fåglar som kan kontaminera foder som en möjlig riskfaktor för att produktionsdjur ska drabbas av salmonella (Evans och Davies, 1996; Warnick *m.fl.*, 2001). Warnick *m.fl.* (2001) nämner även gnagare som en möjlig riskfaktor. Gnagare i närheten av gårdar kan infekteras med salmonella och sprida smitta till/mellan produktionsdjur eller uppföröka antalet bakterier i gårdsmiljön, upp till tre gånger så hög koncentration av salmonella har beskrivits i träck från möss som från miljöprover (Meerburg och Kijlstra, 2007). Möss lever på små ytor och har vanligen ett hemområde som är ca 10 m<sup>2</sup>. De lever tätt och har ett beteende som underlättar smittspridning, t.ex. slickar de ofta och mycket på sina ben. Sannolikheten att eventuell salmonella- eller VTEC-smitta som mössen kommit i kontakt med fastnat på benen är stor. Råttor rör sig över betydligt större områden, åtminstone 25 – 150 m i radie, och enstaka råttor kan röra sig upp till 3 km. De lever i kolonier om 50 – 300 djur. (Backhans och Fellström, 2012). Råttors val av föda tycks vara inlärt och styrs av den sociala kontexten. Av en studie rörande råttors rörelser i grisbesättningar och preferens vad gällde vägar och födointag framgick att om råttan lärt sig att äta t.ex. grisfoder föredrar den det framför andra, förmodat mer smakliga beten (Akanke, 2008). En annan studie visade att spannmålslager som låg mer än 1 km från gården (där djuren hölls) sällan var salmonellakontaminerade. (Davies och Wales, 2013). Även närvaro av katter nämns som en möjlig riskfaktor av t.ex. Evans *m.fl.* (1995), medan Veling *m.fl.* (2002) framför teorin att katterna också kan fungera som skyddande faktor, möjligen genom att reducera antalet gnagare i besättningen.

Sannolikheten för att ett enskilt vektordjur kan utsöndra så hög koncentration av smittämne att det via kontamination av foder eller vatten ska förorsaka infektion av ett nötkreatur kan bedöms vara låg. Flockar eller större grupper av vektordjur, där flera individer utsöndrar smittämne kan sammantaget tillföra tillräckligt höga koncentrationer av smittämne för att resultera i en infektiös dos för nötkreatur. Detta stöds av Carlson *m.fl.* (2011) som rapporterar att bekämpning av starar i slaktnötsbesättningar i Texas resulterade i att salmonellakontamination i fodertråg försvann helt och minskade även kontaminationen i vattentråg kraftigt. I referensbesättningar där man inte gjorde något åt stararna sågs en ökad salmonellakontamination både i foder- och vattentråg. I de besättningar där starar bekämpats förblev besättningsprevalensen oförändrad medan den ökade i kontrollbesättningarna. Detta tyder på att närvaro av stora fågelflockar kan ha betydelse för förekomsten av salmonella bland nötkreatur i infekterade besättningar. Starar och andra fåglar som förekommer i större flockar tenderar att förekomma under begränsade perioder på eller vid en gård och besöker sannolikt flera gårdar/marken under en säsong.

Sammantaget visar underlaget att vektordjur kan agera som reservoarer och spridare inom besättningar. Studier rörande spridning av salmonella som orsakade aborter hos får samt iakttagelser under ett utbrott av *S. Reading* i Skåne antyder att stora flockar av (större) fåglar skulle kunna ha betydelse för spridning även mellan besättningar. Betydelsen av

vektorspridning som följd av spridning av infekterad gödsel är dock oklar. I teorin är det möjligt att vektordjur, framförallt större fågelflockar skulle kunna ha betydelse för spridning av smitta till en besättning efter att ha vistats på mark som gödslats med infekterad gödsel, men det saknas i nuläget vetenskapligt stöd för detta resonemang.

### 7.5.1 Konklusion

Vektordjur kan exponeras för en infektiös dos av smittämne på liknande sätt som nötkreatur. Dock kan spridningsvägar som är betydligt kortare än vid exponering av nötkreatur förekomma för exempelvis foder då de till skillnad från nötkreatur har tillgång till att vistas och beta fält i direkt anslutning till spridning av smittad gödsel till åkermarken.

Det finns vetenskapligt stöd som tyder på att spridning av smitta från vektordjur till nötkreatur via foder eller vatten förekommer, men detta antas utgöra en relativt ovanlig händelse. I teorin är det möjligt att vektordjur, framförallt större fågelflockar skulle kunna ha betydelse för spridning av smitta till en besättning efter att ha vistats på mark som gödslats med infekterad gödsel, men det saknas i nuläget vetenskapligt stöd för detta resonemang.

## 7.6 SANNOLIKHET FÖR EXPONERING AV MOTTAGLIG VÄRD

Då dos-responsmodeller för aktuella djurslag och smittämnen saknas bedöms istället sannolikheten att en mottaglig individ exponeras för en infektiös dos av salmonella eller VTEC via identifierade spridningsvägar. Bedömningarna är en samlad bedömning för både salmonella och VTEC (oberoende av serotyp) och ges därför som ett intervall bl.a. på grund av den variation i infektionsdos som finns mellan de två smittämnena. Varje enskild bedömning inkluderar grundläggande antaganden, osäkerhet i bedömningen, faktorer som påverkar osäkerheten och riskfaktorer. Riskfaktorer berörs närmare i kapitel 8 ”Riskkaraktärisering”.

Stegen från träck till mark, via lagring och hantering är gemensam för samtliga efterföljande spridningsvägar. För att underlätta för läsaren beskrivs denna del av spridningsvägen separat i kap. 7.6.1. Därefter följer bedömningen av sannolikhet för exponering av en mottaglig värd via foder, bete, vatten till djur och vatten för rengöring.

### 7.6.1 Grundläggande antaganden för bedömning av exponeringsvägar

Koncentrationen av salmonella och VTEC som appliceras på mark vid spridning av gödsel är central för sannolikheten för exponering av mottagliga individer senare i exponeringsvägen. Koncentrationen smittämnen i gödseln varierar stort och beror av inombesättningsprevalensen, utsöndringsnivå hos de infekterade individerna, utspädningsgrad samt effekt av eventuell lagring och eventuell ytterligare behandling före spridning av naturgödsel till åkermark.

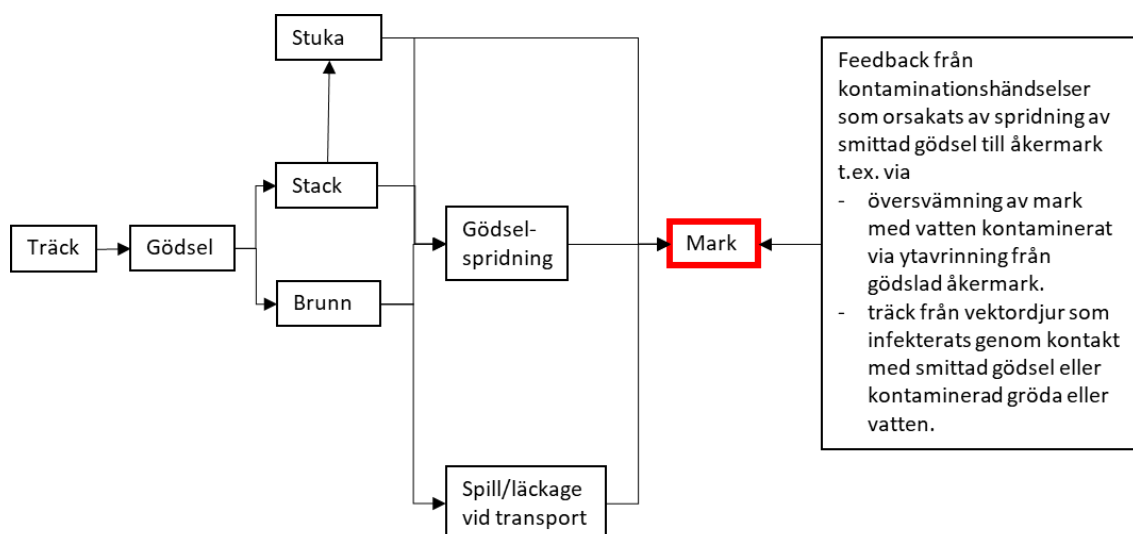
Utspädning av träck med övriga fraktioner i gödsellagret bidrar till en låg utspädning av de smittämnen som utsöndras i träcken. Vidare antas att den reduktion som sker i samband med lagring av gödsel i gödselbrunn och vid tillfällig lagring i fält samt vid mesofil rötning av gödsel är låg. Mellanlagring av flytgödsel antas inte förekomma i större utsträckning, dvs lagring utan tillförsel av nytt material under lagringsperioden. Baserat på antagandet att det under den semikontinuerliga lagringen i gödselbrunnen sker en långsam reduktion av smittämnena kan en god reduktion ha uppnåtts om tiden från utsöndring i besättningen är

lång medan en mycket begränsad reduktion skett om besättningen fortfarande utsöndrar vid spridningstillfället. Kompostering i fält kan däremot generellt antas bidra till en god reduktion av salmonella och VTEC i de delar som upprätthåller termofila temperaturer under behandlingen, dock kan tillväxt ske i kallare zoner. Eftersom det antal parametrar som påverkar tillväxt av smittämnen i miljön utanför sin värd är stort saknas en samlad bild av när och i vilken utsträckning en sådan tillväxt sker. Därmed är nivån och varaktigheten av nettotillväxten svår att förutspå.

Mark kan även kontamineras via översvämning eller bevattning med fekalt kontaminerat vatten samt via träck från vektordjur som infekterats till följd av direkt eller indirekt kontakt med smittad gödsel. Dock antas sannolikheten att smittämnen från smittad gödsel tillförs mark via dessa vägar vara lägre i förhållande till tillförsel via spridning av smittad gödsel direkt på odlingsmark.

Följande antaganden kopplade till spridning av salmonella och VTEC till mark ligger till grund för bedömning av sannolikhetsnivån i efterföljande spridningsscenarion

- Besättningen antas utsöndra smittämnen fram till dess att gödseln avlägsnas från brunn, platta eller stall för spridning till odlingsmark alternativt flyttas för tillfällig lagring eller kompostering i fält.
- Ingen nettotillväxt/reduktion sker vid lagring av gödsel, undantaget vid kompostering i fält då en god reduktion av salmonella och VTEC antas uppnås
- Ingen nettotillväxt sker i/på jord/mark efter spridning av gödsel eller tillförsel av smittämnen via övriga spridningsvägar (figur 5)
- Överlevnads-, reduktions- och tillväxtmönster antas likvärdiga oberoende av kontaminationshändelse.
- Gödselspridning sker via ytspridning eller inkorporering utifrån gröda och spridningstillfälle, i praktiken innebär detta vanligen ytspridning i växande gröda medan inkorporering kan förekomma vid spridning av gödsel före sådd.
- Spill och läckage vid transport förekommer inte



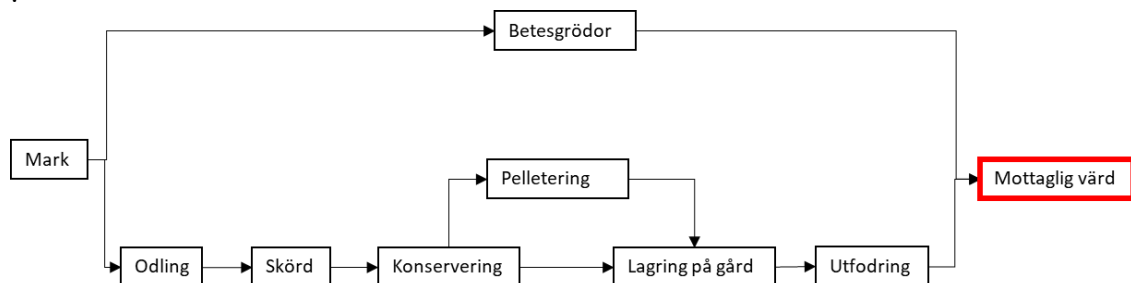
Figur 5. Schematisk skiss av spridningsvägar för salmonella och VTEC till mark för vilka de grundläggande antagandena gäller

## 7.6.2 Exponeringsvägar

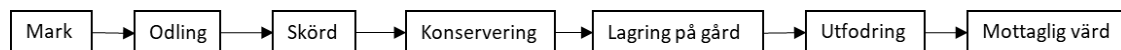
### 7.6.2.1 Från mark till foder

Exponering av en mottaglig värd sker via konsumtion av bete/grönfoder eller via utfodring med konserverat foder (figur 6). Sannolikheten för att en mottaglig individ exponeras för en infektiös dos via konsumtion av kontaminerat foder är beroende av

- Koncentration av smittämnen i/på foder/gröda
- Mängd foder som konsumeras (på bete även den mängd jord som följer med foder vid bete).
- Mottaglig värd (infektionsdos)



### Exponering via utfodring av gårdskonserverat foder



Konservering av fodergrödor syftar inte till att reducera eventuellt förekommande salmonella och VTEC utan till att förhindra tillväxt av framförallt mögel.

### Antaganden utöver grundläggande antaganden

- Reduktion av smittämnen sker över tid i/på jord/mark

### Bedömning av spridningsscenariot

Försumbar - Mycket låg

Sannolikheten för spridning av salmonella och VTEC via ensilage av vall (försumbar), majsensilage (försumbar) och gårdsproducerat spannmål konserverat genom torkning (mycket låg) har tidigare beskrivits i dokumentet "Riskvärdering för spridning av salmonella och VTEC O157 till foder och bete via spridning av gödsel från känt smittade besättningar (Elving *m.fl.*, 2015). Den samlade bedömningen för gårdskonserverat foder (spannmål, trindsäd, oljevaxter och vall) inkl. torkat, syrat, ensilerat och lufttätt lagrat foder, avviker inte i sannolikhetsbedömning från tidigare genomförd riskvärdering men täcker in en större bredd av grödor och konserveringsmetoder.



### Osäkerhetsnivå

Medel

#### *Faktorer som bidrar till osäkerhet i bedömningen*

- Variationer mellan konserveringsmetoder och variationer i metodernas effektivitet.
- Oklar inverkan och stor variation i förekomst av vektordjur.
- Bristande kunskap rörande internalisering av smittämnen i grödor, överlevnad i gröda efter internalisering och konservering.
- Okänt i hur hög frekvens som brister i konservering förekommer.

### Riskfaktorer

- Brister vid genomförande av konservering och lagring
- Jordinblandning
- Tillväxt av smittämnen i miljön
- Kontamination av mark, gröda eller foder via vektordjur

### **Exponering via utfodring av fabrikspelleterat foder**



Värmebehandling och foderfabrikens HACCP samt veckoprovtagning anses utgöra en god barriär mot spridning av salmonella och VTEC.

### Antaganden utöver grundläggande antaganden

- Värmebehandling bidrar med en fullgod reduktion av smittämnen.
- Fabriken drivs utan driftstörningar och arbetar aktivt med egenkontroll och HACCP

### Bedömning av spridningsscenariot

Försumbar

Bedömningen avviker ej från tidigare sannolikhetsvärdering inkluderad i rapporten ”Riskvärdering för spridning av salmonella och VTEC O157 till foder och bete via spridning av gödsel från känt smittade besättningar” (Elving *m.fl.*, 2015).

### Osäkerhetsnivå

Medel

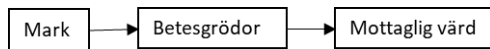
#### *Faktorer som bidrar till osäkerhet i bedömningen*

- Okänt i hur hög frekvens som brister i samband med pelletering förekommer och hur omfattande dessa brister är.
- Okänt i hur hög frekvens som kontamination av foder sker på gård.

### Riskfaktorer

- Kontamination av foder efter pelletering, exempelvis vid lagring på gård.



Exponering via betesgröda

Gödsel sprids vanligen inte efter vallskörd om djur ska släppas på återväxten. I praktiken innebär det att det bör ha passerat minst 8 veckor mellan spridning av gödsel och betessläpp på återväxt, om gödselspridning sker före första skörd. Detta inkluderar en första gödselspridning, tillväxt, skörd och återväxt innan släpp av djur på bete på återväxt av vall. Överföring av smitta från en gård till en annan via gödselspridning förutsätter köp eller byte av gödsel mellan gårdar.

Tiden som passerar mellan kontaminationshändelsen och att djur släpps på betet är den riskreducerande barriär vi förlitar oss på i samband med bete på återväxt av vall. Under karenstiden styrs överlevnaden av salmonella och VTEC av tidigare beskrivna omgivningsparametrar och i den mycket heterogena omgivningen kan inte en enkel linjär avdödningsmodell gälla.

Antaganden utöver grundläggande antaganden

- Odlingssmarken gödslas med smittad gödsel från annan besättning eller betas av annan besättning än den som den smittade gödseln härstammar från
- Tiden mellan kontaminationshändelsen och betessläpp är minst 8 veckor (den tid som generellt antas passera mellan gödsling, skörd och vall, återväxt och betessläpp)
- Odlingssmarken befinner sig i ett geografiskt område där förutsättningar för ytaavrinning från annan gödslad odlingssmark kan ske och översvämningsrisk föreligger
- De smittämnen som tillförts jorden har inte avlägsnats via transport till yt- eller grundvatten innan betessläpp.
- Vid bete konsumerar nötkreatur utöver gröda även jord.

Bedömning av spridningsscenariot

Låg - medelhög

Bedömningen för exponering via betesgröda i den nuvarande riskvärderingen skiljer sig från tidigare genomförd riskvärdering (Elving *m.fl.*, 2015). Till skillnad från tidigare genomförd riskvärdering inkluderas här även översvämnning som en riskfaktor för spridning av smittämnen till mark. Som illustreras i exempel 3 kan översvämnning resultera i ackumulering av smittämnen på betesmarken.

Osäkerhetsnivå

Medel

Faktorer som påverkar osäkerheten i bedömningen

- Oklart i vilken utsträckning bete sker på tidigare översvämmad mark och hur lång tid som passerar mellan kontaminationshändelsen och konsumtion av betesgröda
- Variation i överlevnad och reduktionshastigheter i litteraturen är stor.

- Underlaget rörande sannolikheten för internalisering och dess eventuella effekt på överlevnad av smittämnen är bristfälligt.

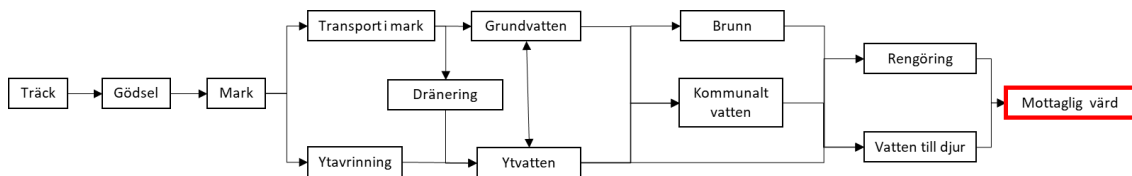
#### Riskfaktorer

- Tillväxt av smittämnen i miljön
- Betessläpp på översvämmande mark i nära anslutning till kontaminationshändelsen

#### 7.6.2.2 Från mark till vatten

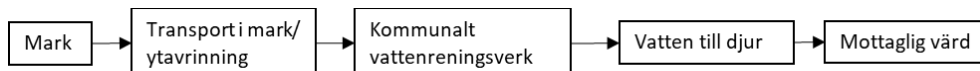
Exponering av en mottaglig värd sker via exponering för smittämnen förekommande i vatten (ytvatten, grundvatten eller kommunalt vatten) som konsumeras av djur på bete eller i stall eller används vid rengöring av stallar (figur 7). Sannolikheten för att en mottaglig individ exponeras för en infektiös dos via vatten är beroende av

- Koncentrationen av smittämnen i vattnet
- Mängd vatten som konsumeras
- Mottaglig individ (infektionsdos)



Figur 7. Schematisk skiss av spridningsscenario från träck till mottaglig värd via rengöring av stallar och vatten till djur

#### Exponering via vatten till djur - Kommunalt vatten



Beredning av vatten i det kommunala vattenreningsverket anses utgöra en god barriär mot spridning av salmonella och VTEC.

#### Antaganden utöver grundläggande antaganden

- Behandling av vatten i det kommunala vattenverket bidrar med en fullgod reduktion av smittämnen.
- Anläggningen drivs utan driftstörningar
- Löpande kontroll av vattenkvalité i det kommunala vattenverket säkerställer att störningar i råvattenkvalité eller driftstörningar inte resulterar att utgående vatten innebär en hälsorisk vid konsumtion

#### Bedömning av spridningsscenariot

Försumbar

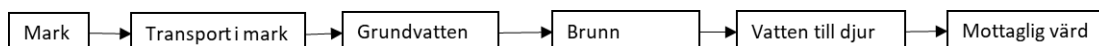
## Osäkerhetsnivå

Låg

## Riskfaktorer

- Kontamination av vattentråg

## **Exponering via vatten till djur - Grundvattenbaserad enskild uttagpunkt**



## Antaganden utöver grundläggande antaganden

- Hög reduktion av koncentrationen till följd av adsorption, filtrering och utspädning av smittämnen i mark samt reduktion över tid vid transport till grundvattnet och uttagpunkten för vatten till djur.
- Tiden för transport från markyta till uttagpunkt är flera månader/år snarare än dagar/veckor.

## Bedömning av spridningsscenariot

Försumbar – Mycket låg

## Osäkerhetsnivå

Medel

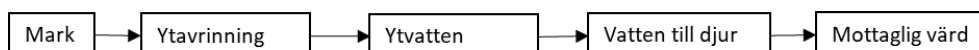
## *Faktorer som bidrar till osäkerhetsnivån*

- Stora naturliga variationer beroende på geografisk plats och de lokala förutsättningarna.
- Ofullständigt dataunderlag rörande överlevnad och transportavstånd för salmonella och VTEC i grundvatten.

## Riskfaktorer

- Uttag av vatten i nära anslutning, i tid och rum, till markytan/kontaminationshändelsen
- Förekomst av fenomen som riskerar att öka sannolikheten för transport av smittämnen från ytan till grundvattnet, t.ex. sprickbildningar, inträngning av ytvatten i brunnar och förhöjda grundvattennivåer, eller transporthastigheten för smittämnen.

## **Exponering via vatten till djur - Ytvattenbaserad enskild uttagpunkt**



## Antaganden utöver grundläggande antaganden

- Grundläggande förutsättningar för ytavrinning föreligger t.ex. nederbörd i samband med gödselspridning och begränsad infiltration av smittämnen
- Ingen transport av smittämnen till ytvatten med dräneringsvatten sker.

## Bedömning av spridningsscenariot

Mycket låg – Låg

## Osäkerhetsnivå

Medel

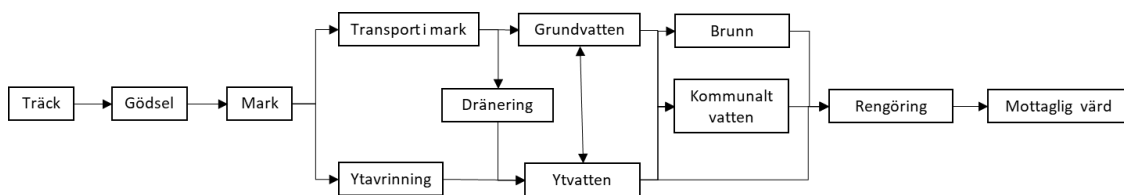
### *Faktorer som bidrar till osäkerhetsnivån*

- Stora naturliga variationer beroende på geografisk plats och de lokala förutsättningarna.
- Variationer i koncentration av smittämnen i öppen vattenvolym till följd av sedimentering.

### Riskfaktorer

- Uttag av vatten i nära anslutning i tid och rum till kontaminationshändelsen
- Sedimentering som bidrar till ökad överlevnad och potentiellt kan resultera i resuspension av smittämnen vid senare tillfälle
- Tillväxt av smittämnen i sediment
- Anslutande markdränering

### *Exponering via vatten som används för rengöring*



### Antaganden utöver grundläggande antaganden

- Djur finns i stallarna i samband med rengöring

## Bedömning av spridningsscenariot

Försumbar

Rengöring av stallar med vatten kontaminerat via gödselspridning på mark kan resultera i att smittämnen introduceras till en tidigare fri stallmiljö. Av enkätsvar från Ågren et al. (2017) framgår att det inte är ovanligt att djur befinner sig i stallarna i samband med rengöring. 19 % (88 av 460 svarande) angav att djur alltid eller nästan alltid var närvarande i stallar vid högtrycksrengöring och 41 % (189 av 460 svarande) angav att det ibland hände att djur var närvarande vid högtrycksrengöring. Även om detta medför att djuren kan exponeras för smittämnen via lämningar på inredning, vattenskålar och foderbord samt via aerosolbildning antas en infektiös dos inte uppnås.

### Osäkerhetsnivå

Låg

### Riskfaktorer

- Tillväxt av smittämnen i stallmiljön

## 8 Riskkarakterisering

Underlaget som presenterats i faroidentifiering, farokarakterisering och exponeringsuppskattning används här för att dra generella slutsatser rörande smittvägar och de parametrar som påverkar smittämnenas överlevnad under de givna förhållandena. Vid spridning av smittad naturgödsel, utan föregående behandling för att reducera koncentrationen av smittämnen, är den andel av smittämnen som når en mottaglig värd beroende av naturliga barriärer i form av

- utspädning i gödselbrunnen, jord och vatten.
- adsorption och filtrering i jord.
- naturlig reduktion över tid eller till följd av foder- och vattenberedning.

Det är i litteraturen tydligt att salmonella och VTEC kan uppvisa en stor variation överlevnads-, reduktions och tillväxtmönster i gödsel, jord, vatten och sediment. Exempelvis bidrar lång överlevnad, speciellt när det gäller tåligare subpopulationer av bakterierna, och tillväxtförmågan till den variation i överlevnad av salmonella och VTEC som förekommer i jordbruksmiljön.

### 8.1 SAMMANFATTANDE BEDÖMNING AV AKTUELLA SPRIDNINGSVÄGAR

Förmåga till överlevnad, tillväxt och reduktionshastigheter varierar något mellan de två smittämnen men antas generellt vara liknande mellan de två. Dock är infektionsdosen för VTEC lägre än för salmonella vilket bidrar till att sannolikheten för att nötkreatur exponeras för en infektiös dos varierar mellan de två smittämnen. De sannolikhetsbedömningar som gjorts inom nuvarande riskvärdering inkluderar dock i samtliga fall båda smittämnen.

Med dagens kunskapsläge och under de antaganden som tydliggjorts i exponeringsuppskattningen görs den samlade bedömningen att sannolikheten för att nötkreatur exponeras för en infektiös dos av salmonella eller VTEC via konsumtion av foder eller vatten till följd av att naturgödsel från en smittad besättning sprids på odlingsmark sträcker sig från försumbar till medelhög beroende på aktuell spridningsväg. Sannolikheten för att nötkreatur exponeras för en infektiös dos via rengöring av stallar med kontaminerat vatten bedöms som försumbar.

Den exponeringsväg som bedöms vara förknippad med högst sannolikhet för exponering av ett nötkreatur med en infektiös dos är bete på återväxt av vall. Följt av spridning av smittämnen via ytavrinning till ytvatten som konsumeras av nötkreatur på bete eller i stall. Sannolikheten för att en mottaglig individ ska exponeras för en infektiös dos via konsumtion av gårdsproducerat foder eller vatten från enskild grundvattenresurs bedöms som mycket låg, men inte försumbar.

Förekomst och utsöndringsnivåer inom den smittade besättningen vilket är kopplat till koncentrationen i gödselbrunnen vid spridning är de enskilda parametrar som bedöms ha störst effekt på utfallet av bedömningen. Den naturliga variationen i

inombesättningsprevalens och utsöndringsnivåer är mycket stor vilket bidrar till osäkerheten i samtliga efterföljande moduler i spridningsvägarna. Förändringar i inombesättningsprevalens och andra parametrar som exempelvis teknikförändringar kan påverka bedömningen.

För att ett djur (nötkreatur) under ett dygn ska exponeras för en infektiös dos av salmonella eller VTEC via identifierade spridningsvägar (figur 3) till följd av att gödsel från en salmonella- eller VTEC-smittad besättning sprids på odlingsmark krävs att en kedja av oönskade händelser inträffar. För att illustrera detta tittar vi närmare på scenariot med spridning av smitta till mottaglig värd via ytvavrinning från mark där smittad naturgödsel spridits. Följande händelser måste i detta scenario inträffa för att leda fram till konsumtion av en infektiös dos

1. Koncentrationen salmonella och VTEC i gödseln vid spridningstillfället måste vara hög. Alternativt måste förutsättningar för tillväxt i miljön göra det möjligt att låga koncentrationer av smittämnen tillväxer till en hög koncentration.
2. Gödselspridning måste åtföljas av en händelse (kraftig nederbörd eller översvämning) som bidrar till transport av smittämnen från marken till ytvatten. För att höga koncentrationer av salmonella eller VTEC ska uppnås i ytvatten till följd av avrinning kan det antas att en sådan händelse ska ske i nära anslutning till spridningstillfället (förutsatt att inte tillväxt av smittämnen sker i miljön).
3. Uttagspunkten för vatten till djur måste vara lokaliserad i nära tid och/eller rum till kontaminationshändelsen för att sannolikheten för exponering ska bli högre än försumbar. Alternativt kan exponering ske genom översvämning av betesmark, vilket kräver att överlevnaden i/på mark eller gröda är tillräckligt lång för att en mottaglig individ ska exponeras för en infektiös dos.

Generellt ökar därmed sannolikheten för exponering för en infektiös dos med kortare spridningsvägar. Detta betyder även att sannolikheten för spridning via återkoppling i spridningsvägen (illustreras i figur 5) generellt bedöms som lägre än direkt spridning via den specifika exponeringsvägen. Ett undantag från detta är då återkopplingen resulterar i uppförökning av smittämnen i spridningsvägen.

### 8.1.1 Svar på frågor ställda av beställaren

**Är hantering och spridning av gödsel enligt befintliga hanterings- och spridningskrav i dagens miljölagstiftning tillräckligt även i de fall då smitta konstaterats i besättningen?**

Nuvarande lagstiftning rörande spridning av naturgödsel syftar primärt till att begränsa näringsämnesläckage och inte till att förhindra spridning av smittämnen. Även de bestämmelser som rör spridningstidpunkt och spridningsförhållanden utgår från perspektivet näringsämnesläckage. Följande är exempel på bestämmelser som gäller för hela eller delar av Sverige

- Nedbrukning av naturgödsel under vintern (hela landet)
- Förbud mot spridning av naturgödsel under vintern (i nitratkänsliga områden)



- Förbud mot spridning på vattenmättad, översvämmad och snötäckt mark (i nitratkänsliga områden)
- Förbud mot spridning på frusen mark (i nitratkänsliga områden)
- Begränsning av höstspridning av naturgödsel (i nitratkänsliga områden)
- Skyddsavstånd vid spridning intill sjöar eller vattendrag (krav i nitratkänsliga områden, allmänt råd i hela landet)
- Förbud mot spridning på lutande mark intill sjö eller vattendrag

Flera av de åtgärder som införlivats i lagstiftningen i syfte att minska risken för läckage av näringsämnen till sjöar och vattendrag kan även bidra till en minskad sannolikhet för spridning av salmonella och VTEC. Exempelvis kan restriktioner gällande spridning av gödsel på mark intill sjö och vattendrag med en lutning på över 10 % och ett skyddsavstånd på 2 meter till sjö och vattendrag generellt anses bidra till en minskad sannolikhet för ytavrinning i de områden som berörs av dessa restriktioner. Trots detta kan ytavrinning vid höga vattenflöden ske även vid lägre marklutning och trots skyddsavståndet varför det generellt inte kan anses vara en fullgod barriär mot spridning av smittämnen via ytavrinning. Även förbud mot spridning på vattenmättad, översvämmad och snötäckt mark kan antas minska sannolikheten för transport av smittämnen till vatten.

Generellt gäller att nedbrukning av gödsel minskar sannolikheten för ytavrinning av en större mängd smittämnen, dock bidrar nedmyllning till ökad överlevnad av smittämnen i marken. Ytspridning däremot bidrar generellt till en ökad reduktion av smittämnen i materialet till följd av exponering för t.ex. UV-ljus och torka men ökar samtidigt sannolikheten för exponering av vektordjur. Även om nedmyllning bidrar till en ökad överlevnad av salmonella och VTEC i marken bedöms det ändå fördelaktigt för att begränsa spridning av smittämnen till nötkreatur utifrån antagandet att spridning av smittämnen via vatten utgör en större sannolikhet för spridning av smitta till nötkreatur än via foder producerat på kontaminerad mark.

Den koncentration av smittämnen som tillförs odlingsmarken vid spridning av gödsel bedöms vara den primära faktorn som styr sannolikheten för spridning av smittämnen. Eftersom koncentrationen som förekommer i gödsel som sprids till mark inte är beroende av den tidpunkt på året som gödseln sprids bedöms nuvarande restriktioner rörande årstid för spridning inte påverka sannolikheten för spridning av smittämnen. Koncentrationen av smittämnen i gödsel påverkas snarare när gödseln sprids i förhållanden till tidpunkt för utsöndring av smittämnen i träck. Därtill gäller generellt att salmonella och VTEC är tåliga mot kyla och flera studier visar på att de kan överleva över en vinterperiod.

Sammantaget gäller att flera av de naturliga barriärer som i miljölagstiftningen bidrar till att minska näringsämnesläckage även bidrar till att minska sannolikheten för spridning av infektiösa doser av smittämnen till nötkreatur. Dessa kan dock inte anses utgöra fullgod barriär mot spridning av smitta i samtliga spridningsvägar inkluderade i nuvarande riskvärdering (figur 3).

### Under vilka förutsättningar bör extra restriktioner eller behandlingskrav gälla för gödsel från smittade besättningar för att minska risken för smittspridning?

Om gränsen för att tillämpa restriktioner eller behandlingskrav sätts vid icke försumbar sannolikhet för smittspridning kan följande förutsättningar identifieras.

- I områden där förutsättningar finns för ytavrinning eller transport via dräneringsrör till ytvatten som
  - används för uttag av vatten till nötkreatur
  - kan översvämma mark som används för odling av fodergrödor för gårdsproduktion av foder eller som bete för nötkreatur
  - angränsar till beten där nötkreatur har tillgång till ytvattnet
- På mark som används för bete på återväxt av vall
- På mark där risk för snabb transport till grundvatten, via exempelvis sprickbildningar eller högt grundvatten, och närliggande uttagpunkter finns

I de fall där ovanstående förutsättningar uppfylls kan det enligt SVA:s bedömning finnas anledning att införa restriktioner eller behandlingskrav vid spridning av naturgödsel innehållande hög koncentration av salmonella och VTEC för att minska risken för smittspridning.

Att hantera gödsel innehållande höga koncentrationer av salmonella och VTEC kan vara extra viktigt i områden där förekomsten av salmonella och VTEC är avsevärt högre än genomsnittligt. I dessa områden kan antas att den kedja av oönskade händelser som leder fram till exponering av en mottaglig värd fullbordas oftare än i områden där förekomsten av smittan är lägre. Det kan därför i sådana områden finnas anledning att överväga att ha en lägre tröskel för bedömning rörande hanteringsalternativ för smittad naturgödsel. På samma sätt kan det i områden med låg prevalens och långt mellan nötkreaturbesättningar antas att de omständigheter som leder fram till exponering av mottaglig värd förekommer mer sällan. Ur detta perspektiv är det möjligt att även gödsel med högre koncentrationer av smittämnen kan spridas utan att bidra till att sprida smittan till en annan nötkreaturbesättning. Dock måste beaktas att spridning av höga koncentrationer av smittämnen kan leda till ackumulering av smitta i miljön.

## 8.2 SAMMANFATTANDE KOMMENTARER RÖRANDE OSÄKERHET OCH KUNSKAPSLUCKOR

### 8.2.1 Osäkerhet

Vi vet att vår omgivning är komplex och heterogen, den osäkerhet som detta bidrar till återspeglas bl.a. i den stora naturliga variation som återfinns i litteraturen, exempelvis rörande

- Variation i inombesättningsprevalens och utsöndringsnivåer
- Variation i överlevnad mellan serotyper

- Variation i överlevnad och genomsläpplighet mellan olika jordarter
- Variation i förutsättningar för vertikal och horisontell transport av smittämnen mellan olika regioner t.ex. nederbörd och topografi
- Variation i infektionsdos beroende av individers immunstatus

Utöver naturlig variation kan dokumenterade variationer i överlevnads-, reduktions- och tillväxthastigheter även bero på val av detektionsmetod och försöksupplägg. Som exempel kan nämnas variationer som härstamma från skillnader mellan studier i laboratorie/pilotskala och fältstudier i fullskala rörande transport i mark. I laboratorie/pilotskalor är det vanligt att jord packas i cylindrar vilket kan påverka jordstrukturen genom att avlägsna gångar och makroporer som normalt förekommer i jordar i fält och därmed minska markens genomsläpplighet.

Generellt saknas litteratur som beskriver de komplexa skeenden som finns i vår omgivning. Bland annat saknas en djupgående analys av befintlig litteratur som sammanfattar och utvärderar den stora mängd litteraturredan som finns tillgänglig (s.k. metaanalys). Följande punkter är värda att nämna mer specifikt

- Inombesättningsprevalens och utsöndringsnivåer är av stor vikt för sannolikheten att en tillräcklig koncentration för att orsaka infektion vid exponering förs vidare i spridningsvägen. Det är därför viktigt att förmedla att nuvarande riskvärdering utgår från antaganden och om verkligheten skiljer sig stort från dessa antaganden kan det ha stor effekt på utgången av riskvärderingen.
- För foder är dataunderlaget vad gäller överlevnad/reduktion/tillväxt av salmonella och VTEC begränsat. Merparten av det underlag som publiceras rörande hygieniska risker i foder är kopplat till sannolikhet för mögeltillväxt i materialet. Här har antagits att konservering av foder inte påverkar överlevnaden av smittämnen utan syftar till att begränsa deras tillväxt. Det är dock inte orimligt att anta att en viss reduktion av smittämnen sker under lagring av ett välkonserverat foder till följd av naturliga skeenden.
- Merparten av de publicerade studierna gällande överlevnad och sannolikhet för smittspridning kopplat till grundvatten fokuserar på virus som smittämne. Underlaget rörande salmonella och VTEC är relativt begränsat, vilket tydligt reflekteras i det presenterade materialet.
- Internalisering av smittämnen i gräddor och tillväxt av smittämnen i miljön beskrivs i flera studier. Det är dock oklart i hur stor utsträckning detta sker i en naturligt kontaminerad jordbruksmiljö och därmed är det även oklart hur stor effekt detta har på sannolikheten för exponering av en mottaglig värd.

### 8.2.2 Kunskapsluckor

Följande kunskapsluckor där ytterligare information skulle kunna bidra till en förbättrad bedömning av sannolikheten för spridning av smitta eller hantering av smittad gödsel har identifierats

- Kunskap om koncentration av salmonella och VTEC i naturgödsel innan spridning av naturgödsel till åkermark
- Kunskap om vektordjurens relevans för spridning av smitta från miljön till en ny besättning
- Kunskap om tillväxt, överlevnad och koncentrationer av salmonella och VTEC vid konservering av foder.

Den koncentration av smittämnen som tillförs marken vid spridning av smittad gödsel bedöms ha stor påverkan på utgången av riskvärderingen. Det bedöms troligt att spridning av smitta från smittad gödsel kan begränsas genom att den gödsel där koncentrationen av salmonella eller VTEC är hög beläggs med ytterligare restriktioner så som hygienisering eller lagringstid innan spridning. Dock saknas i dagsläget kunskapsunderlag för att skilja gödsel med låg koncentration av smittämnen från gödsel med hög koncentration (se kap. 10.2).

Vektordjurens relevans för spridning av smitta från smittad naturgödsel in i en ny besättning är oklar. Vektordjuren kan exponeras för en infektiös dos av smittämnen via liknande spridningsvägar som nötkreatur. Det är även relevant att ha i åtanke att transportvägen mellan spridning av smittad gödsel till åkermark och exponering av vektordjur i vissa fall kan vara betydligt kortare i tid och rum än den vanligen är vid spridning till nötkreatur. Exempelvis har vektordjuren tillgång till fält där gödsel sprids och kan då infekteras vid bete på mark där spridning av smittad gödsel skett. Vektordjuren har även tillgång till ytvatten i direkt anslutning till åkermark. Dock saknas vetenskapligt underlag för att bedöma hur frekvent vektordjuren infekteras på det sättet och vilken sannolikhet det är att de för vidare smittan till en nötkreaturbesättning dvs. vilken relevans denna spridningsväg har.

Foderkonservering bidrar till att förhindra tillväxt av smittämnen i foder under konservering och lagring. Dock är flertalet studier rörande foderhygien vid konservering av foder baserade på tillväxt av mögelsvampar och förekomst av mykotoxiner. Underlaget rörande salmonella och VTEC är avsevärt mindre.

Ytterligare kunskapsluckor som har identifierats är

- Kunskap om inombesättningsprevalens och utsöndringsnivåer.
- Kunskap om förekomst av jordinblandning och frekvens av misslyckade konserveringar.
- Kunskap om lagringstid vid tillfällig lagring av gödsel i fält.

Dock bedöms ytterligare information rörande dessa kunskapsluckor i dagsläget inte kunna bidra till möjligheten för en förbättrad bedömning eller hantering av smittad gödsel.

Även om kunskapen om inombesättningsprevalens och utsöndringsnivåer i dagsläget inte är fullständig är det känt att det förekommer stora variationer både inom och mellan besättningar. Prevalenser och utsöndringsnivåer fluktuerar dessutom över tid.

Genom att följa allmänna råd och branschriktlinjer bör problematik förknippad med jordinblandning vid skörd, misslyckad konservering av foder och tillfällig lagring av gödsel i fält kunna begränsas. SVA:s bedömning är därför att det för riskhantering avseende spridning av smittad gödsel, är mer relevant att satsa på förebyggande arbete för att undvika problem än att arbeta för att fylla dessa kunskapsluckor.

### 8.3 SAMMANFATTANDE KOMMENTARER RÖRANDE RISKFAKTORER

Risikfaktorer bidrar till ökad överlevnad eller tillväxt av salmonella och VTEC längs med den identifierade spridningsvägen. Dessa riskfaktorer bedöms kunna inverka på de resultat som presenterats i den genomförda riskvärderingen.

#### 8.3.1 Vektordjur

Vektordjur kan genom att infekteras eller bära smittan som mekaniska vektorer bidra till att bibehålla eller sprida en smitta i en anläggning och/eller besättning. Vektordjuren utgör därmed en potentiell riskfaktor i hela spridningsvägen och berörs därför i samband med flera av de andra identifierade riskfaktorerna. Förekomsten av olika typer av vektordjur samt sannolikheten att vektordjur infekteras och utsöndrar smittämnen varierar stort mellan olika geografiska platser. För smittspridning mellan besättningar har i studier framförts teorier om att fågelflockar skulle kunna ha betydelse, något som även observerats vid ett svenskt utbrott av *S. Reading*. Vad gäller fyrbenta vektordjur är betydelsen mer osäker.

#### 8.3.2 Brister/störningar i produktion vid foderfabrik och vattenverk

Brister eller störningar vid beredning av foder eller vatten i foderfabriker eller vattenverk kan resultera i att foder och vatten innehållande smittämnen levereras ut från anläggningen. Generellt har både foderfabriker och vattenverk goda rutiner för att i tid upptäcka och åtgärda brister. Det går dock inte att utesluta att brister kan förekomma. Även störningar kan förekomma och leda till att foder eller vatten av lägre hygienisk kvalitet tillfälligt levereras ut från anläggningarna. Därmed utgör detta en riskfaktor.

Exempelvis kan brister/störningar i produktionen vid en foderfabrik resultera i att inte alla smittämnen avdödas i foderfabrikens värmebehandling, exempelvis till följd av höga koncentrationer av smittämnen i råvaran, vilket i sin tur kan leda till produktion av kontaminerat foder. Även om värmebehandlingen är tillräcklig för att avdöda samtliga smittämnen är två riskfaktorer kopplade till processen i) otillräcklig uppvärmning av den första satsen vid uppstart efter avbrott i produktionen (innan fullständig temperatur uppnås tar det ett tag, den första satsen brukar därför köras om) vilket kan resultera i salmonellakontamination av senare delar av produktionslinjen ii) den första risken kopplar till den andra risken som är återkontamination av värmebehandlat foder. Sannolikheten för att detta inträffar beror av anläggningens uppbyggnad men kan dock generellt antas att vara mycket låg.

### 8.3.3 Brister/störningar vid konservering av foder på gård

Som tidigare beskrivits syftar konservering av foder inte primärt till att avdöda smittämnen, dock kan en viss reduktion uppnås vid exempelvis ensilering. Samtidigt kan brister eller störningar i samband med konservering utgöra en risk för ökad överlevnad och tillväxt av smittämnen i fodret.

Även om det saknas dataunderlag för frekvensen av misslyckade konserveringar som resulterar i tillväxt av salmonella och VTEC är det välkänt att det händer att konserveringar på gård misslyckas med sänkt hygienisk kvalitet som resultat (den sänkta hygieniska kvalitén syftar i dessa sammanhang vanligen till tillväxt av mögel och bildande av mykotoxiner).

Exempel på orsaker till försämrad hygienisk kvalitet är

- Skador på ensilageplast – skador kan uppstå till följd av fåglar som pickar hål på plasten eller sorkar som äter sig in i balar som förvaras i fält men även till följd av att grödor sticker hål på plasten vid packning. Exempelvis så är helsädesensilage vasst och sticker lätt hål på plasten. Dessutom attraheras fåglar av förekomsten av spannmålskärnor i helsädesensilage.
- Otillräcklig packning av grödor vid ensilering – Exempelvis kan det vid helsädesensilering uppstå problem med packningen eftersom materialet i sig är svårpackat. Dock har även hög skördekapacitet identifierats som en faktor som bidrar till bristfällig packning av ensilage.
- Inläckage av luft i syretäta lager
- Ojämn eller otillräcklig syrning
- Buffertlagring innan påbörjad konservering

### 8.3.4 Kontamination vid lagring

Kontamination av foder under lagring på gård antas främst vara ett resultat av vektordjur eller överföring via mekaniska vektorer.

Lagring av foder på gård kan se ut på många olika sätt. Beroende på anläggningens uppbyggnad och val av konserveringsmetod varierar tillgängligheten stort mellan olika anläggningar och det är därför svårt att generalisera rörande sannolikheten för att dessa orsakar introduktion av smittämnen i fodret.

I de fall där foder lagras relativt öppet finns stora möjligheter för infekterade/mekaniskt bärande vektordjur att komma åt och kontaminera fodret med såväl salmonella som VTEC. Öppen lagring av foder på gård har även nackdelar förutom kontaminationsrisken, t.ex. försämrad foderkvalitet och att vektordjur äter av fodret. Sannolikt undviker de flesta lantbrukare öppen lagring om möjligt. Lagring i silo ger ett betydligt bättre skydd mot vektorer, och olika former av ensilering, syrning och gastät lagring ytterligare bättre skydd fram till dess att ”förpackningen” bryts.

Om tillväxtmöjligheter finns kan kontamination vid lagring innebära en ökad sannolikhet för att infektera nötkreatur som konsumerar fodret även om enbart ett fåtal bakterier tillsätts.

### **8.3.5 Kontamination av anläggning samt foder- och vattenråg**

Kontamination via vektordjur i anläggning, foder- och vattenråg är känt för att kunna bidra till att bibehålla smittor i besättningar. Kontamination av anläggningen via vektordjur eller kontaminerade verktyg/maskiner antas vanligen inte bidra med en infektiös dos av smittämnen till foder eller vatten. Dock kan koncentrationen uppföras genom tillväxt beroende på undermåliga hygieniska förhållanden.

### **8.3.6 Tillväxt av smittämnen**

Även om det generellt antas att det över tid sker en reduktion av smittämnen kan det lokalt förekomma tillväxt vilket kan bidra till en heterogen fördelning av smittämnen. För tillväxt krävs tillgång till näring, fukt, en för bakterien fördelaktig temperatur och tid.

Både salmonella och VTEC har förmågan att under för bakterierna fördelaktiga förhållanden tillväxa i miljön utanför sin värd. Ett mycket litet antal bakterier kan på så vis uppföras i antal och uppnå en infektiös dos i foder eller vatten. Tillväxt kan ske i hela kedjan, från utsöndring i träck fram till foderbordet eller vattenråget. Därmed kan även introduktion via exempelvis vektordjur, rengöring med kontaminerat vatten eller via mekaniska vektorer så som verktyg och maskiner utgöra ett problem om smittämnen ges möjlighet att tillväxa i foderlager eller stallar.

### **8.3.7 Jordinblandning i foder**

Vid utfodringen har fördelningen av eventuella smittämnen i fodret betydelse för sannolikheten att en individ konsumerar en infektiös dos av salmonella eller VTEC. I nuvarande riskvärdering har en homogen fördelning av smittämnen antagits. Förekomst av delar i foderpartiet med en avsevärt högre koncentration av smittämnen, s.k. hotspots, bedöms därför som en riskfaktor. Hotspots kan exempelvis antas uppstå i samband med ensilering då jord följer med den skördade grödan in i silon/balen. Då ingen omblandning av materialet sker förekommer jorden lokalt i ensilaget. Det medför att även salmonella och VTEC förekommer lokalt i ensilaget, vilket gör det mer sannolikt att en och samma individ kan konsumera hela den kvarvarande mängden som kontaminerat materialet vid ett tillfälle. Även i spannmål förekommer vanligen smittan i hotspots, dock kan smittan här antas få en mindre heterogen fördelning i samband med omblandning av fodret i samband med lagring och användning.

Hotspots kan på samma sätt ha en inverkan på sannolikheten för infektion av salmonella och VTEC hos de vektordjur som konsumerar fodret.

### **8.3.8 Kort avstånd i tid/rum mellan kontaminationshändelse och exponeringstillfälle**

Då reduktion över tid är en av de viktigaste naturliga barriärerna för att förhindra exponering för en infektiös dos i den angivna spridningsvägen är avståndet mellan en kontaminationshändelse och exponeringspunkten av stor vikt. Eftersom transporthastigheten för smittämnen varierar stort i olika typer av mark men även i olika vattentyper kan ett kort avstånd mellan kontaminationshändelse och uttags/exponeringspunkt handla om avstånd i tid mellan händelserna eller avstånd i exempelvis km.



Avståndet mellan kontamination av ytvatten och betande djur eller upptag av vatten till vattentråg varierar. Det går dock inte att utesluta att den kan vara mycket kort bl.a. om ytavrinning sker i nära anslutning till uttagspunkt/bete alternativt om en snabb transport i vatten sker. Andra exempel på tillfällen då avståndet i tid och rum kan förväntas vara kort.

- Bristande konstruktion som leder till inläckage av ytvatten eller vatten från omättad och mättad zon. Även brunnens djup påverkar avståndet i tid mellan kontaminationshändelsen och uttagspunkten, djupare brunnar bidrar till ett ökat avstånd.
- Brunn placerad så att ytvattenpåverkan är vanligt förekommande.
- Tidigt betessläpp efter gödselspridning eller översvämning.
- Vid stora mängder nederbörd kan grundvattennivån stiga samtidigt som större volymer ytvatten transporteras nedåt och bidrar till att smittämnen frigörs i den mättade zonen och ökad transport till och vidare i grundvattenflödet.

### 8.3.9 Teknikförändringar

Pågående och kommande teknikförändringar kan komma att påverka bedömningen. Till dessa hör förändringar som påverkar koncentrationen av smittämnen i gödseln och deras överlevnad och potential för tillväxt och transport efter spridning.

Den drift som idag pågår mot ökade skördekapaciteter kan i teorin bidra till försämrad kvalitet på konserverat foder. Då kapaciteten i inlagringen inte matchar den ökade skördekapaciteten ökas exempelvis andelen skörd som läggs på mellanlager vilket kan bidra till en försämrad foderkvalité med tillväxt av smittämnen i det fuktiga fodret. Även vid packning av ensilagesilon kan en hög skördekapacitet ställa till problem om det inte finns tid för att utföra en fullgod packning av materialet mellan lagren. Växling till större skärbord för ökning av skördekapaciteten kan även bidra till ökad jordinblandning i de fall bordet behöver gå lågt till följd av ojämnheter i marken.

Det är även viktigt att ha i åtanke att förändringar som syftar till minskad sannolikhet för näringsämnesläckage inte alltid går hand i hand med minskad sannolikhet för förekomst/överlevnad av smittämnen. Surgörning av gödsel utgör ett aktuellt exempel på denna problematik. Surgörning av gödsel har påvisats bidra till avsevärt minskade ammoniakavgångar vid lagring och efter spridning av gödsel (Rodhe *m.fl.*, 2016). Dock resulterar en sänkning av pH i gödselbrunnen en förskjutning av jämviktsläget mellan oladdad ammoniak och den laddade ammoniumjonen i lösningen vilket i teorin skulle kunna leda till förlängd överlevnad av smittämnen i gödselbrunnen. Hur surgörning påverkar överlevnad av smittämnen efter spridning av gödseln är oklart men det kan antas att det ur ett smittskyddsperspektiv är fördelaktigt att tillsätta eventuell syra i samband med spridning av gödseln istället för direkt i gödselbrunnen för att undvika förlängd överlevnad i gödselbrunnen.

## 9 Riskreducerande åtgärder

Det är viktigt att klargöra skillnaden mellan naturliga barriärer och behandlingsbarriärer (aktiva processer som syftar till att minimera koncentrationen av smittämnen). Båda typerna av barriärer kan utgöra ett underlag för riskreducerande åtgärder. Skillnaden mellan de naturliga barriärerna och behandlingsbarriärer är att det är svårt att förutsäga i hur hög grad de naturliga barriärerna bidrar till att minska koncentrationen av smittämnen i det aktuella materialet. Exempelvis sker vanligen en naturlig reduktion av smittämnen i miljön över tid vilket är en naturlig barriär. Därför kan vi använda oss av rekommendationer rörande tid mellan spridning av den smittade gödseln och exempelvis skörd av grödor på marken som en riskreducerande åtgärd. Dock samspekar ett stort antal olika faktorer i miljön för att bidra till den reduktion och eventuella tillväxt som sker och det är därmed svårt att med säkerhet bestämma hur lång tid som krävs för att uppnå en förutbestämd reduktionsnivå. Till skillnad från de naturliga barriärerna är behandlingsbarriärerna konstruerade på ett sådant sätt att det går att förutsäga vilken effekt de har på koncentrationen av smittämnen i materialet. Vid exempelvis värmebehandlingar hålls en temperatur som är så pass hög att den står för majoriteten av den effekt vi ser på reduktion av smittämnen och förhindrar tillväxt. Därmed kan vi bestämma en tid-temperaturkombination som motsvarar en förutbestämd reduktionsnivå.

### 9.1 IDENTIFIERADE RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Följande åtgärder kan bidra till en minskad sannolikhet för smittspridning vid spridning av gödsel från smittade besättningar på det sätt som illustreras i figur 3.

Riskreducerande åtgärder baserade på naturliga barriärer

- Mellanlagring av gödsel utan tillsats av färsk gödsel innan spridning
- Nedplöjning/myllning av gödsel för att undvika ytvavrinning
- Förbud mot spridning av naturgödsel på bete/återväxt av vall för bete
- Förbud mot bete och skörd av vallfoder på översvämmad mark
- Rengöring av spannmåls och foderlager mellan foderleveranser och inför ny säsong
- Försiktighet vid utfodring, bete och användning av vatten till känsligare (unga) djur/djurgrupper

Riskreducerande åtgärder baserade på behandlingsbarriärer

- Hygienisering av gödsel innan spridning (hygieniserad naturgödsel är att betrakta som fri från salmonella och VTEC)

### 9.2 KOMMENTARER RÖRANDE EFFEKTEN AV RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Som beskrivits ovan kan de naturliga barriärerna bidra till att reducera sannolikheten både för spridning av smittämnen till miljön och exponering av ett nötkreatur för en infektiös dos av salmonella eller VTEC. Den riskreducerande effekt de naturliga barriärerna har kan dock antas variera beroende av bl.a. årstid, geografiskt läge och nederbörds mängder varför de inte

kan bedömas som fullgoda barriärer vid spridning av gödsel med höga koncentrationer av smittämnen.

Utifrån resultatet från genomförd riskvärdering framgår det tydligt att den enskilt viktigaste parametern är koncentrationen av smittämnen i gödseln vid den tidpunkt som den sprids på åkermark. Beroende av inombesättningsprevalens, utsöndringsnivåer, andel djur per utsöndringsnivå, utsöndringsperiod samt tillväxt och reduktion av smittämnena i gödselbrunnen kommer den koncentration av smittämnen som kan återfinnas i gödseln vid spridningstillfället att variera. Exempelvis kan vi anta att koncentrationen av smittämnen är relativt låg i en besättning där både inombesättningsprevalensen och utsöndringsnivån av smittämnen är relativt låg samtidigt som perioden mellan utsöndringstillfället och spridning är relativt lång och ingen tillväxt sker i gödselbrunnen under den perioden. Det är även rimligt att anta att spridning av gödsel från en sådan besättning medför en väsentligt lägre sannolikhet för att ett mottagligt nötkreatur exponeras för en infektiös dos via foder eller vatten.

Tillväxt är en problematik som behöver tas i beaktande. I gödselbrunnen och i miljön är det svårt att förebygga eller förhindra tillväxt vilket ytterligare bidrar till osäkerheten i samband med användning av enbart naturliga barriärer för att förhindra smittspridning. Dock är det möjligt att förebygga/förhindra tillväxt av smittämnen vid foderkonservering, lagring av foder, utfodring av djur och i anläggningarna där djur hålls. Generellt finns fyra grundkrav som behöver uppfyllas för att bakterier ska tillväxa; näring, fukt, en för bakterien behaglig temperatur och tid för att tillväxa. Genom att begränsa någon av dessa parametrar kan sannolikheten för tillväxt minskas. Exempelvis kan tillväxt motverkas genom att undvika att fuktansamlingar bildas i utrymmen där näring i form av exempelvis foderrester eller foderdamm finns tillgängligt.

# 10 Råd gällande spridning av gödsel från smittade besättningar

## 10.1 GÄLLANDE RÅD FÖR SPRIDNING AV GÖDSEL FRÅN KÄNT SMITTADE BESÄTTNINGAR

Rekommendationen (Dnr: SVA 2010/961) är i dagsläget att smittad flyt- och fastgödsel från besättningar spärrade på grund av salmonellainfektion får spridas om den omedelbart plöjs ned eller djupmyllas (om markens beskaffenhet tillåter detta). Samtidigt ska man undvika att använda marken till bete eller grovfoderskörd under samma växtsäsong som spridning skett annat än i undantagsfall. Om gödseln inte plöjs ner eller djupmyllas ska gödseln hygieniseras före spridning. Vidare betraktas hitintills gödseln som smittad om infekterade djurgrupper bidragit till den, dvs. även om salmonella enbart påvisats i enstaka träckprover.

Motsvarande rekommendationer saknas för VTEC-smittade besättningar. Gödsel från VTEC-smittade besättningar sprids i dagsläget därmed i enlighet med de allmänna krav och råd som finns gällande spridning av naturgödsel.

## 10.2 FÖRSLAG RÖRANDE UPPDATERING AV RÅD FÖR SPRIDNING AV GÖDSEL FRÅN KÄNT SMITTADE BESÄTTNINGAR

Utifrån presenterat underlag framgår att koncentrationen av smittämnen i naturgödseln är den faktor som är avgörande för mängden smittämnen som återfinns i miljön efter spridning. Samtidigt är det tydligt att den stora variation som förekommer i inombesättningsprevalens, utsöndringsnivåer och period för utsöndring i relation till spridningstillfället påverkar denna koncentrationen, och därmed även sannolikheten för smittspridning till följd av spridning av smittad naturgödsel till åkermark.

Utöver ovan nämnda variation finns ytterligare komplexitet genom det stora antal faktorer som påverkar sannolikheten för smittspridning från naturgödsel som spridits på åkermark. SVA ser därför svårigheter i att sätta upp enkla kriterier eller checklistor som syftar till att göra lokala bedömningar utifrån enskild besättning och dess omgivning.

Baserat på vetenskaplig litteratur och tidigare erfarenheter antas att det i många fall är låga koncentrationer av smittämnen i naturgödsel vid spridningstillfället. Dock kan koncentrationen av smittämne vara avsevärt högre i enskilda gödselpartier. Gödselpartier med hög koncentration av smittämnen bedöms utgöra en väsentligt högre sannolikhet för att bidra till smittspridning till följd av spridning till åkermark jämfört med partier med låg koncentration av smittämnen. Det kan ur ett smittskyddsperspektiv inte anses rimligt att alla partier hanteras likvärdigt då sannolikheten för smittspridning kan antas variera stort mellan dessa två typer av gödselpartier.

Eftersom flytgödsel anses utgöra en mer problematisk och kostsam fraktion att hantera, jämfört med fastgödsel och djupströbädd, rekommenderar SVA att fokus i första hand läggs på förändring av hantering av flytgödsel från smittade besättningar. SVA menar att nuvarande rekommendation för fastgödsel och djupströbädd från smittade djurgrupper kan kvarstå, dvs att dessa komposteras i stuka innan spridning till åkermark.

SVA rekommenderar att gödsel från smittade besättningar i möjligaste mån bör hanteras utifrån den sannolikhet för smittspridning som det berörda partiet utgör i samband med spridning till åkermark. Enligt SVA:s bedömning bör ett underlag för att bedöma om hantering av flytgödseln är nödvändig eller inte kunna baseras på en uppskattning av koncentrationen av smittämnen i flytgödselbrunnen. Gödsel som utifrån denna uppskattning inte anses nödvändig att hantera bör kunna spridas utan ytterligare restriktioner dvs. i enlighet med gällande lagstiftning, även om smittade djurgrupper bidragit till gödselpartiet.

Dock är provtagning av stora materialvolymmer så som vid provtagning av en flytgödselbrunn förknippat med svårigheter både vad gäller praktiska detaljer och tolkning av resultatet från provtagningen. SVA har de senaste åren bedrivit ett intensivt arbete med att utveckla metoder för resultatvärdering och representativ provtagning av exempelvis stora foderpartier. Utifrån den kunskapsuppbyggnad som erhållits till följd av detta arbete bedömer SVA att det kan vara möjligt att ta fram en riskbaserad metod för kategorisering och bedömning av flytgödsel utifrån koncentration av smittämnen.

För att möjliggöra den ovan föreslagna strategin för hantering av gödsel från smittade besättningar krävs en vetenskapligt baserad metod. SVA har identifierat att följande underlag saknas (helt eller delvis) för att möjliggöra framtagande av en sådan metod.

- Kunskap rörande detektionssannolikhet i flytgödsel dvs. sambandet mellan koncentration och andel positiva prover vid provtagning samt fördelning av smittämnen i gödselbrunnen. Detta tjänar som underlag för framtagandet av en vetenskapligt baserad metod som kan användas för provtagning i besättningar
- Underlag för kategorisering av gödsel baserat på koncentration av smittämnen i gödsel vid spridningstillfället. Kategoriseringen syftar till att fungera som underlag för beslut om spridning med eller utan föregående smittreducerande hantering i relation till risk för vidare smittspridning.

Det bör förtydligas att spridning av smittad gödsel med efterföljande nedplöjning/myllning ur ett smittskyddsperspektiv inte bedöms som likvärdigt med hygienisering av gödsel. Nedplöjning/myllning av smittad gödsel minskar sannolikheten för ytavrinning men bidrar fortfarande till ackumulering av smitta i miljön och möjlig transport vidare in i foder- och livsmedelskedjan.

# Referenser

- Abrahamsson, L. (2008) Majsensilage i Sverige *Institutionen för husdjurens utfodring och vård (HUV)*. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Adams, M.R. och Moss, M.O. (2010) *Food Microbiology* The royal society of chemistry, Cambridge, UK.
- Akande, O. (2008) A study on wild rat behaviour and control on a pig farm *Institutionen för kliniska vetenskaper (KV)*. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Albertsson, B. och Borgenvall, K. (1995) Gödselproduktion, lagringsbehov och djurtäthet vid nötkreaturhållning *Rapport - Jordbruksverket nr 10*.
- Allen, M.S., Ford, S.A. och Buckmaster, D.R. (2003) Corn silage. I: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (red) *Silage Science and Technology*.
- Anderson, K.L., Whitlock, J.E. och Harwood, V.J. (2005) Persistence and differential survival of fecal indicator bacteria in subtropical waters and sediments. *Applied and Environmental Microbiology*, **71**, 3041-3048.
- Avery, L.M., Killham, K. och Jones, D.L. (2005) Survival of E-coli O157 : H7 in organic wastes destined for land application. *Journal of Applied Microbiology*, **98**, 814-822.
- Backhans, A. och Fellström, C. (2012) Rodents on pig and chicken farms – a potential threat to human and animal health. *Infection Ecology & Epidemiology*, **2**.
- Barak, J.D. och Liang, A.S. (2008) Role of Soil, Crop Debris, and a Plant Pathogen in Salmonella enterica Contamination of Tomato Plants. *Plos One*, **3**.
- Bell, C.A.K. (2002) *Foodborne pathogens*. CRC Press, Wood Head Publishing, Cambridge, UK.
- Bergstein-Ben, D.T. och Stone, L. (1991) The distribution of faecal pollution indicator bacteria in Lake Kinnneret. *Water Research*, **25**, 263-270.
- Besser, T.E., Richards, B.L., Rice, D.H. och Hancock, D.D. (2001) Escherichia coli O157 : H7 infection of calves: infectious dose and direct contact transmission. *Epidemiology and Infection*, **127**, 555-560.
- Bitton, G., Farrah, S.R., Ruskin, R.H., Butner, J. och Chou, Y.J. (1983) Survival of pathogenic and indicator roganisms in ground water. *Groundwater*, **21**, 405-410.
- Blanco, M., Blanco, J.E., Blanco, J., Gonzalez, E.A., Mora, A., Prado, C., Fernandez, L., Rio, M., Ramos, J. och Alonso, M.P. (1996) Prevalence and characteristics of Escherichia coli serotype O157:H7 and other verotoxin-producing E-coli in healthy cattle. *Epidemiology and Infection*, **117**, 251-257.
- Blum, J. (1968) Studies on the occurrence, tenacity, growth and disinfection of salmonellas in waste waters of agricultural enterprises. *Schweizer Archiv Tierbeilkunde*, **110**, 243-261.
- Boqvist, S., Aspán, A. och Eriksson, E. (2009) Prevalence of Verotoxigenic Escherichia coli O157:H7 in fecal and ear samples from slaughtered cattel in Sweden. *Journal of Food Protection*, **72**, 1709-1712.
- Bradford, S.A., Morales, V.L., Zhang, W., Harvey, R.W., Packman, A.I., Mohanram, A. och Welty, C. (2013) Transport and Fate of Microbial Pathogens in Agricultural Settings. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, **43**, 775-893.
- Brandl, M.T., Rosenthal, B.M., Haxo, A.F. och Berk, S.G. (2005) Enhanced survival of Salmonella enterica in vesicles released by a soilborne Tetrahymena species. *Applied and Environmental Microbiology*, **71**, 1562-1569.

- Brinton, W.F., Evans, E., Droffner, M.L. och Brinton, R.B. (1995) A standardized dewar test for evaluation of compost self-heating. *Biocycle*, **36**, 1-16.
- Burton, C.H. och Turner, C. (2003) Treatment technologies based on aeration. I: Beck, J.A.F., Martinez, J., Martens, W., Pahl, O., Piccinini, S., Svoboda, I. (red) *Manure management - Treatment Strategies for Sustainable Agriculture*, Wrest Park, Silsoe, Bedford, UK, pp. 223-271.
- Burton, G.A. (1987) Survival of pathogenic bacteria in various freshwater sediments. *Applied and Environmental Microbiology*, **53**, 633-638.
- Buxton, D.R. och O'Kiely, P. (2003) Preharvest plant factors affecting ensiling. I: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (red) *Silage science and technology*. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc.
- Callaway, T.R., Keen, J.E., Edrington, T.S., Baumgard, L.H., Spicer, L., Fonda, E.S., Griswold, K.E., Overton, T.R., VanAmburgh, M.E., Anderson, R.C., Genovese, K.J., Poole, T.L., Harvey, R.B. och Nisbet, D.J. (2005) Fecal prevalence and diversity of Salmonella species in lactating dairy cattle in four states. *Journal of Dairy Science*, **88**, 3603-3608.
- Canter, L.W. och Knox, R.C. (1988) *Septic tank system effects on ground water quality*. Lewis Publishers Inc., Chelsea, MI.
- Carlson, J.C., Engeman, R.M., Hyatt, D.R., Gilliland, R.L., DeLiberto, T.J., Clark, L., Bodenchuk, M.J. och Linz, G.M. (2011) Efficacy of European starling control to reduce Salmonella enterica contamination in a concentrated animal feeding operation in the Texas panhandle. *Bmc Veterinary Research*, **7**.
- Chandler, D.S. och Craven, J.A. (1980) Relationship of soil-moisture to survival of Escherichia coli and Salmonella-Typhimurium in soils. *Australian Journal of Agricultural Research*, **31**, 547-555.
- Cieslak, P.R., Barrett, T.J., Griffin, P.M., Gensheimer, K.F., Beckett, G., Buffington, J. och Smith, M.G. (1993) Escherichia coli O157:H7 infection from a manured garden. *Lancet*, **342**, 367.
- Clark, R.G., Femwick, S.G., Nicol, C.M., Marchant, R.M., Swanney, S., Gill, J.M., Holms, J.D., Leyland, M. och Davies, P.R. (2004) Salmonella Brandenburg - emergence of a new strain affecting stock and humans in the South Island of New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, **52**, 26-36.
- Codex Alimentarius - Working Principles for Risk Analysis for Food Safety for Application by Governments (2007). FAO/WHO.
- Cooley, M.B., Miller, W.G. och Mandrell, R.E. (2003) Colonization of Arabidopsis thaliana with Salmonella enterica and enterohemorrhagic Escherichia coli O157 : H7 and competition by Enterobacter asburiae. *Applied and Environmental Microbiology*, **69**, 4915-4926.
- Coulson, J.C., Butterfield, J. och Thomas, C. (1983) The herring gull Larus argentatus as a likely transmitting agent of Salmonella montevideo to sheep and cattle. *Journal of Hygiene (London)*, **91**, 437-443.
- Cray, W.C. och Moon, H.W. (1995) Experimental infection of calves and adult cattle with Escherichia coli O157:H7. *Applied and Environmental Microbiology*, **61**, 1586-1590.
- D'Aoust, J.-Y., Maurer, J. och Bailey, J.S. (2001) Salmonella species. I: Doyle, M.P., Beuchat, L.R., Montville, T.J. (red) *Food microbiology: fundamentals and frontiers*. ASM, Press, Washington, DC, pp. 141-178.



- Dargatz, D.A., Strohmeyer, R.A., Morley, P.S., Hyatt, D.R. och Salman, M.D. (2005) Characterization of *Escherichia coli* and *Salmonella enterica* from cattle feed ingredients. *Foodborne Pathogens and Disease*, **2**, 341-347.
- Davies, R.H. och Wales, A.D. (2013) *Salmonella* contamination of cereal ingredients for animal feeds. *Veterinary Microbiology*, **166**, 543-549.
- Davies, R.H. och Wray, C. (1997) Distribution of *Salmonella* contamination in ten animal feedmills. *Veterinary Microbiology*, **57**, 159-169.
- Davis, M.A., Hancock, D.D., Rice, D.H., Call, D.R., DiGiacomo, R., Samadpour, M. och Besser, T.E. (2003) Feedstuffs as a vehicle of cattle exposure to *Escherichia coli* O157 : H7 and *Salmonella enterica*. *Veterinary Microbiology*, **95**, 199-210.
- Dodd, C.C., Sanderson, M.W., Sargeant, J.M., Nagaraja, T.G., Oberst, R.D., Smith, R.A. och Griffin, D.D. (2003) Prevalence of *Escherichia coli* O157 in cattle feeds in midwestern feedlots. *Applied and Environmental Microbiology*, **69**, 5243-5247.
- Donlan, R.M. och Costerton, J.W. (2002) Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. *Clinical Microbiology Reviews*, **15**, 167-193.
- Dorea, F., Rosendal, T., Wahlström, H. och Widgren, S. (2018) Prevalence estimates for waterborne zoonotic pathogens in Sweden: a review of available information. National Veterinary Institute, Uppsala, Sweden.
- Dumontet, S., Dinel, H. och Baloda, S.B. (1999) Pathogen reduction in sewage sludge by composting and other biological treatments: A review. *Biological Agriculture & Horticulture*, **16**, 409-430.
- Elsas, J.D., Semenov, A.V., Costa, R. och Trevors, J.T. (2011) Survival of *Escherichia coli* in the environment: fundamental and public health aspects. *The ISME Journal*, **5**, 173-183.
- Elving, J., Högberg, A., Vesterlund-Carlson, C., Hultén, C. och Sören, K. (2015) Riskvärdering för spridning av salmonella och VTEC O157 till foder och bete via spridning av gödsel från känt smittade besättningar. Statens Veterinärmedicinska Anstalt, Uppsala, Sverige.
- Elving, J., Ottoson, J.R., Vinneras, B. och Albiñ, A. (2010) Growth potential of faecal bacteria in simulated psychrophilic/mesophilic zones during composting of organic waste. *Journal of Applied Microbiology*, **108**, 1974-1981.
- Elving, J. och Thelander, M. (2017) Kartläggning av salmonella på svenska växtodlingsgårdar - en dold källa för salmonellasmitta i foderkedjan *SVAs rapportserie* 36.
- Elving, J., Vinneras, B., Albiñ, A. och Ottoson, J.R. (2014) Thermal treatment for pathogen inactivation as a risk mitigation strategy for safe recycling of organic waste in agriculture. *Journal of Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*, **49**, 679-689.
- Ensilerings av vallfoder (2003) *Kvalitetssäkrad mjölkproduktion*. Svensk Mjölk.
- Eriksson, E., Aspan, A., Gunnarsson, A. och Vagsholm, I. (2005) Prevalence of verotoxin-producing *Escherichia coli* (VTEC) O157 in Swedish dairy herds. *Epidemiology and Infection*, **133**, 349-358.
- Evans, S. och Davies, R. (1996) Case control study of multiple-resistant *Salmonella* Typhimurium DT104 infection of cattle in Great Britain. *Veterinary Record*, **139**, 557-558.

- Fish, J.T. och Pettibone, G.W. (1995) Influence of freshwater sediment on the survival of *Escherichia coli* and *Salmonella* sp. as measured by three methods of enumeration. *Letters in Applied Microbiology*, **20**, 277-281.
- Fleming, R. och MacAlpine, M. (2004) Survival of pathogenic bacteria in liquid manure storages. Ridgetown College - University of Guelph.
- Fossler, C.P., Wells, S.J., Kaneene, J.B., Ruegg, P.L., Warnick, L.D., Eberly, L.E., Godden, S.M., Halbert, L.W., Campbell, A.M., Bolin, C.A. och Zwald, A.M.G. (2005) Cattle and environmental sample-level factors associated with the presence of *Salmonella* in a multi-state study of conventional and organic dairy farms. *Preventive Veterinary Medicine*, **67**, 39-53.
- Franz, E., van Diepeningen, A.D., de Vos, O.J. och van Bruggen, A.H.C. (2005) Effects of cattle feeding regimen and soil management type on the fate of *Escherichia coli* O157 : H7 and *Salmonella enterica* serovar typhimurium in manure, manure-amended soil, and lettuce. *Applied and Environmental Microbiology*, **71**, 6165-6174.
- Fremaux, B., Delignette-Muller, M.L., Prigent-Combaret, C., Gleizal, A. och Vernozy-Rozand, C. (2007) Growth and survival of non-O157:H7 Shiga-toxin-producing *Escherichia coli* in cow manure. *Journal of Applied Microbiology*, **102**, 89-99.
- Fremaux, B., Prigent-Combaret, C. och Vernozy-Rozand, C. (2008) Long-term survival of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in cattle effluents and environment: An updated review. *Veterinary Microbiology*, **132**, 1-18.
- Fröschle, B., Heiermann, M., Lebuhn, M., Messelhauser, U. och Plöchl, M. (2015) Hygiene and Sanitation in Biogas Plants. I: Gübitz, G., Bauer, A., Guenther, B., Gronauer, A., Weiss, S. (red) *Biogas Science and Technology*. Springer.
- Fukushima, H., Hoshina, K. och Gomyoda, M. (1999) Long-term survival of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O26, O113, and O157 in bovine feces. *Applied and Environmental Microbiology*, **65**, 5177-5181.
- Henzler, D.J. och Opitz, H.M. (1992) The role of mice in the epizootiology of *Salmonella enteritidis* infection on chicken layer farms. *Avian Diseases*, **36**, 625-631.
- Himathongkham, S., Bahari, S., Riemann, H. och Cliver, D. (1999) Survival of *Escherichia coli* O157 : H7 and *Salmonella typhimurium* in cow manure and cow manure slurry. *Fems Microbiology Letters*, **178**, 251-257.
- Holley, R., Walkty, J., Blank, G., Tenuta, M., Ominski, K., Krause, D. och Ng, L.-K. (2008) Examination of *Salmonella* and *Escherichia coli* Translocation from Hog Manure to Forage, Soil, and Cattle Grazed on the Hog Manure-treated Pasture. *Journal of Environmental Quality*, **37**, 2083-2092.
- Holley, R.A., Arrus, K.M., Ominski, K.H., Tenuta, M. och Blank, G. (2006) *Salmonella* survival in manure-treated soils during simulated seasonal temperature exposure. *Journal of Environmental Quality*, **35**, 1170-1180.
- Hutchison, M.L., Walters, L.D., Avery, S.M. och Moore, A. (2005a) Decline of zoonotic agents in livestock waste and bedding heaps. *Journal of Applied Microbiology*, **99**, 354-362.
- Hutchison, M.L., Walters, L.D., Moore, A. och Avery, S.M. (2005b) Declines of zoonotic agents in liquid livestock wastes stored in batches on-farm. *Journal of Applied Microbiology*, **99**, 58-65.
- Hutchison, M.L., Walters, L.D., Moore, A., Crookes, K.M. och Avery, S.M. (2004) Effect of length of time before incorporation on survival of pathogenic bacteria present in

- livestock wastes applied to agricultural soil. *Applied and Environmental Microbiology*, **70**, 5111-5118.
- Islam, M., Morgan, J., Doyle, M.P., Phatak, S.C., Millner, P. och Jiang, X. (2004) Fate of Salmonella enterica Serovar Typhimurium on Carrots and Radishes Grown in Fields Treated with Contaminated Manure Composts or Irrigation Water. *Applied and Environmental Microbiology*, **70**, 2497-2502.
- Itoh, Y., Sugita-Konishi, Y., Kasuga, F., Iwaki, M., Hara-Kudo, Y., Saito, N., Noguchi, Y., Konuma, H. och Kumagai, S. (1998) Enterohemorrhagic Escherichia coli O157 : H7 present in radish sprouts. *Applied and Environmental Microbiology*, **64**, 1532-1535.
- Jiang, X., Morgan, J. och Doyle, M.P. (2002) Fate of Escherichia coli O157:H7 in manure-amended soil. *Applied and Environmental Microbiology*, **68**, 2605-2609.
- Jiang, X., Morgan, J. och Doyle, M.P. (2003) Thermal inactivation of Escherichia coli O157:H7 in cow manure compost. *Journal of Food Protection*, **66**, 1771-1777.
- Johnston, W., MacLachlan, G. och Hopkins, G. (1979) The possible involvement of seagulls (Larus sp) in the transmission of salmonella in dairy cattle. *Veterinary Record*, **105**, 526-527.
- Jordbruksverket (1996) Läggningsanvisningar för jordbruks- och vägdränering. Jordbruksverket, Vägverket och Plast- och Kemibranscherna.
- Jordbruksverket (2014) Dränering av jordbruksmark 2013 *Sveriges officiella statistik - Statistiska meddelanden*.
- Jordbruksverket (2016) Rekommendationer för gödsling och kalkning 2017 *Jordbruksinformation*
- Jordbruksverket (2017) Jordbruksmarkens användning 2017 JO - Jordbruk, skogsbruk och fiske, *Sveriges officiella statistik, statistiska meddelanden, JO 10 SM 1703*.
- Joy, D.M., Lee, H., Reaume, C.M., Whiteley, H.R. och Zelin, S. (1998) Microbial contamination of subsurface tile drainage water from field applications of liquid manure. *Canadian Agricultural Engineering*, **40**, 153-160.
- Karmali, M.A., Mascarenhas, M., Shen, S.H., Ziebell, K., Johnson, S., Reid-Smith, R., Isaac-Renton, J., Clarks, C., Rahn, K. och Kaper, J.B. (2003) Association of genomic O(-)island 122 of Escherichia coli EDL 933 with verocytotoxin-producing Escherichia coli seropathotypes that are linked to epidemic and/or serious disease. *Journal of Clinical Microbiology*, **41**, 4930-4940.
- Kearney, T.e., Larkin, M.J., Frost, J.P. och Levett, P.N. (1993) Survival of pathogenic bacteria during mesophilic anaerobic digestion off animal waste. *Journal of Applied Bacteriology*, **75**, 215-219.
- Kerry, B.R. (2000) Rhizosphere interactions and the exploitation of microbial agents for the biological control of plant-parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology*, **38**, 423-441.
- Kim, J. och Jiang, X. (2010) The growth potential of Escherichia coli O157:H7, Salmonella spp. and Listeria monocytogenes in dairymanure-based compost in a greenhouse setting under different seasons. *Journal of Applied Microbiology*, **109**, 2095-2104.
- Konsten att storbalsensilera - en guide för effektiv produktion av storbalsensilage (1995). Trioplast AB, Smålandsstenar.
- Kudva, I.T., Blanch, K. och Hovde, C.J. (1998) Analysis of Escherichia coli O157 : H7 survival in ovine or bovine manure and manure slurry. *Applied and Environmental Microbiology*, **64**, 3166-3174.

- Kutter, S., Hartmann, A. och Schmid, M. (2006) Colonization of barley (*Hordeum vulgare*) with *Salmonella enterica* and *Listeria* spp. *Fems Microbiology Ecology*, **56**, 262-271.
- Lapen, D.R., Topp, E., Edwards, M., Sabourin, L., Curnoe, W., Gottschall, N., Bolton, R., Rahman, S., Ball-Coelho, B., Payne, M., Kleywegt, S. och McLaughlin, N. (2008) Effect of liquid municipal biosolid application method on tile and ground water quality. *Journal of Environmental Quality*, **37**, 925-936.
- Larsen, H.E., Munch, B., Olsen, J. och Nansen, P. (1989) Om smitstofdrab og smitterisici ved udrådning af husdyrgødning i biogasanlaeg. *Dansk Veterinaer Tidskrift*, **72**, 1411-1418.
- Law, D. (2000) Virulence factors of *Escherichia coli* O157 and other Shiga toxin-producing E-coli. *Journal of Applied Microbiology*, **88**, 729-745.
- Lemke, A.M., Kirkham, K.G., Lindenbaum, T.T., Herbert, M.E., Tear, T.H., Perry, W.L. och Herkert, J.R. (2011) Evaluating Agricultural Best Management Practices in Tile-Drained Subwatersheds of the Mackinaw River, Illinois. *Journal of Environmental Quality*, **40**, 1215-1228.
- Lewerin, S.S., Skog, L., Frossling, J. och Wahlstrom, H. (2011) Geographical distribution of salmonella infected pig, cattle and sheep herds in Sweden 1993-2010. *Acta Veterinaria Scandinavica*, **53**, 51.
- Lynn, T.V., Hancock, D.D., Besser, T.E., Harrison, J.H., Rice, D.H., Stewart, N.T. och Rowan, L.L. (1998) The occurrence and replication of *Escherichia coli* in cattle feeds. *Journal of Dairy Science*, **81**, 1102-1108.
- Martinez, B., Stratton, J., Bianchini, A., Wegulo, S. och Weaver, G. (2015) Transmission of *Escherichia coli* O157:H7 to Internal Tissues and Its Survival on Flowering Heads of Wheat. *Journal of Food Protection*, **78**, 518-524.
- McGee, O., Bolton, D.J., Sheridan, J.J., Early, B. och Leonard, N. (2001) The survival of *Escherichia coli* O157:H7 in slurry from cattle fed different diets. *Letters in Applied Microbiology*, **32**, 152-155.
- Meerburg, B.G. och Kijlstra, A. (2007) Role of rodents in transmission of *Salmonella* and *Campylobacter*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **87**, 2774-2781.
- Mitscherlich, E. och Marth, E.H. (1984) *Microbial survival in the environment. Bacteria and rickettsiae important in human and animal health*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Moore, B.C., Martinez, E., Gay, J.M. och Rice, D.H. (2003) Survival of *salmonella enterica* in freshwater and sediments and transmission by the aquatic midge *Chironomus tentans*. *Applied and Environmental Microbiology*, **69**, 4556-4560.
- Morris, B.L., Lawrence, A.R.L., Chilton, P.J.C., Adams, B., Calow, R.C. och Klinck, B.A. (2003) Groundwater and its Susceptibility to Degradation: A global assessment of the problem and options for management *Early Warning and Assessment Report Series, RS. 03-3. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya*.
- Munoz-Carpena, R., Parson, J.E. och Gilliam, J.W. (1999) Modeling hydrology and sediment transport in vegetative filter strips. *Journal of Hydrology*, **214**, 111-129.
- Natvig, E.E., Ingham, S.C., Ingham, B.H., Cooperband, L.R. och Roper, T.R. (2002) *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and *Escherichia coli* contamination of root and leaf vegetables grown in soils with incorporated bovine manure. *Applied and Environmental Microbiology*, **68**, 2737-2744.
- Nicholson, F.A., Groves, S.J. och Chambers, B.J. (2005) Pathogen survival during livestock manure storage and following land application. *Bioresource Technology*, **96**, 135-143.

- Nielsen, L.R. (2013a) Salmonella Dublin in cattle-Epidemiology, design and evaluation of surveillance and eradication programmes *Department of Large Animal Sciences • Faculty of Health and Medical Sciences*. University of Copenhagen
- Nielsen, L.R. (2013b) Within-herd prevalence of Salmonella Dublin in endemically infected dairy herds. *Epidemiology and Infection*, **141**, 2074-2082.
- Nyberg, K.A., Vinneras, B., Ottoson, J.R., Aronsson, P. och Albiñ, A. (2010) Inactivation of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella Typhimurium in manure-amended soils studied in outdoor lysimeters. *Applied Soil Ecology*, **46**, 398-404.
- O'Neill, C.J., Bolton, D.J. och Fanning, S. (2011) Brief communication: Comparative studies on the survival of Verocytotoxigenic Escherichia coli and Salmonella in different farm environments. *Agriculture, Food and Analytical Bacteriology*, **1**, 116-122.
- Ogden, I.D., MacRae, M. och Strachan, N.J.C. (2004) Is the prevalence and shedding concentrations of E-coli O157 in beef cattle in Scotland seasonal? *Fems Microbiology Letters*, **233**, 297-300.
- Olilo, C.O., Onyando, J.O., Moturi, W.N., Muia, A.W., Roegner, A.F., Ogari, Z., Ombui, P.N. och Shivoga, W.A. (2016) Composition and design of vegetative filter strips instrumental in improving water quality by mass reduction of suspended sediment, nutrients and Escherichia coli in overland flows in eastern escarpment of Mau Forest, Njoro River Watershed, Kenya. *Energy, Ecology and Environment*, **1**, 396-407.
- Olsen, A.R. (1998) Regulatory Action Criteria for Filth and Other Extraneous Materials: III. Review of Flies and Foodborne Enteric Disease. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, **28**, 199-211.
- Olsen, J.E. och H.E., L. (1987) Bacterial decimation times in anaerobic digestions of animal slurries. *Biological Wastes*, **21**, 153-168.
- Ostling, C.E. och Lindgren, S.E. (1991) Bacteria in manure and on manured and NPK-fertilized silage crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **55**, 579-588.
- Pandey, P.K., Kass, P.H., Soupir, M.L., Biswas, S. och Singh, V.P. (2014) Contamination of water resources by pathogenic bacteria. *AMB Express*, **4**.
- Pandey, P.K. och Soupir, M.L. (2011) Escherichia coli inactivation kinetics in anaerobic digestion of dairy manure under moderate, mesophilic and thermophilic temperatures. *AMB Express*, **1**.
- Pedersen, T.R. (2004) Ekologisk växtodling. Odlingsbeskrivningar. Trindsäd. Jordbruksverket.
- Pell, A.N. (1997) Manure and microbes: public and animal health problem? *Journal of Dairy Science*, **80**, 2673-2681.
- Recorbet, G., Steinberg, C. och Faurie, G. (1992) Survival in soil of genetically engineered Escherichia coli as related to inoculum density, predation and competition. *Fems Microbiology Ecology*, **101**, 251-260.
- Rodhe, L., Delin, S. och Gustafsson, K. (2016) Surgörning av nötflytgödsel - effekt på ammoniak-avgången vid spridning av rötad respektive icke-rötad gödsel i vall *JTI Övrigt*. JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Sahlström, L., Aspan, A., Bagge, E., Danielsson-Tham, M.L. och Albiñ, A. (2004) Bacterial pathogen incidences in sludge from Swedish sewage treatment plants. *Water Research*, **38**, 1989-1994.
- Samarajeeva, A.D., Glasauer, S.M., Lauzon, J.D., O'Halloran, I.P., Parkin, G.W. och Dunfield, K.E. (2012) Bacterial contamination of tile drainage water and shallow

- groundwater under different application methods of liquid swine manure. *Canadian Journal of Microbiology*, **58**, 668-677.
- Sanderson, K.E. och Nair, S. (2012) Taxonomy and Species Concepts in the Genus *Salmonella*. I: Barrow, P.A., Methner, U. (red) *Salmonella in Domestic Animals*. CAB International, United Kingdom.
- Sargeant, J.M., Sanderson, M.W., Griffin, D.D. och Smith, R.A. (2004) Factors associated with the presence of *Escherichia coli* O157 in feedlot-cattle water and feed in the Midwestern USA. *Preventive Veterinary Medicine*, **66**, 207-237.
- Sharp, J.C., Reilly, W.J., Linklater, K.A., Inglis, D.M., Johnston, W.S. och Miller, J.K. (1983) *Salmonella montevideo* infection in sheep and cattle in Scotland, 1970-81. *Journal of Hygiene (London)*, **90**, 225-232.
- Shepherd, M.W., Liang, P.F., Jiang, X.P., Doyle, M.P. och Erickson, M.C. (2007) Fate of *Escherichia coli* O157 : H7 during on-farm dairy manure-based composting. *Journal of Food Protection*, **70**, 2708-2716.
- Sidhu, J., Gibbs, R.A., Ho, G.E. och Unkovich, I. (1999) Selection of *Salmonella* Typhimurium as an indicator for pathogen regrowth potential in composted biosolids. *Letters in Applied Microbiology*, **29**, 303-307.
- Skov, M.N., Madsen, J.J., Rahbek, C., Lodal, J., Jestpersen, J.B., Jorgensen, J.C., Dietz, H.H., Chrié, M. och al., e. (2008) Transmission of *Salmonella* between wildlife and meat-production animals in Denmark. *Journal of Applied Microbiology*, **105**, 1558-1568.
- Solomon, E.B., Yaron, S. och Matthews, K.R. (2002) Transmission of *Escherichia coli* O157:H7 from contaminated manure and irrigation water to lettuce plant tissue and its subsequent internalization. *Applied and Environmental Microbiology*, **68**, 397-400.
- Strachan, N.J., Fenlon, D.R. och Ogden, I.D. (2001) Modelling the vector pathway and infection of humans in an environmental outbreak of *Escherichia coli* O157. *FEMS Microbiology Letters*, **203**, 69-73.
- Thornton, I. och Abrahams, P. (1983) Soil ingestion - A major pathway of heavy metals into livestock grazing contaminated land. *Science of the Total Environment*, **28**, 287-294.
- Tobi, D. och Bohm, R. (Year) Uptake of *Salmonella enterica* in monocotyledonous and dicotyledonous model plants. I: Briesse, A., Clauss, M., Springorum, A., Hartung, J. (red), Sustainable animal husbandry: prevention is better than cure, Volume 2. 14th International Congress of the International Society for Animal Hygiene. City. p. 679-681.
- Toze, S., Bekele, E., Page, D., Sidhu, J. och Shackleton, M. (2010) Use of static Quantitative Microbial Risk Assessment to determine pathogen risks in an unconfined carbonate aquifer used for Managed Aquifer Recharge. *Water Research*, **44**, 1038-1049.
- Tyrrel, S.F. och Quinton, J.N. (2003) Overland flow transport of pathogens from agricultural land receiving faecal wastes. *Journal of Applied Microbiology*, **94**, 87S-93S.
- Wales, A.D., Carrique-Mas, J.J., Ranquin, M., Bell, B., Thind, B.B. och Davies, R.H. (2010) Review of the carriage of zoonotic bacteria by arthropodes, with special reference to *salmonella* in mites, flies and litter beetles. *Zoonosis and Public Health*, **57**, 299-314.
- Walker, S.E., Mostaghimi, S., Dillaha, T.A. och Woeste, F.E. (1990) Modeling animal waste management practices: Impacts on bacteria levels in runoff from agricultural lands. *American Society of Agricultural Engineers*, **33**, 807-817.
- Wang, G., Zhao, T. och Doyle, M.P. (1996) Fate of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in bovine feces. *Applied and Environmental Microbiology*, **62**, 2567-2570.

- Warnemuende, E.A. och Kanwar, R.S. (2002) Effects of swine manure application on bacterial quality of leachate from intact soil columns. *American Society of Agricultural Engineers*, **45**, 1849-1857.
- Warnick, L.D., Crofton, L.M., Pelzer, K.D. och Hawkins, M.J. (2001) Risk factors for clinical salmonellosis in Virginia, USA cattle herds. *Preventive Veterinary Medicine*, **49**, 259-275.
- Watcharasukarn, M., Kaparaju, P., Steyer, J.P., Krogfelt, K.A. och Angelidaki, I. (2009) Screening *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, and *Clostridium perfringens* as Indicator Organisms in Evaluating Pathogen-Reducing Capacity in Biogas Plants. *Microbial Ecology*, **58**, 221-230.
- Weinberg, Z.G., Ashbell, G., Chen, Y., Gamburg, M. och Sela, S. (2004) The effect of sewage irrigation on safety and hygiene of forage crops and silage. *Animal Feed Science and Technology*, **116**, 271-280.
- Veling, J., Wilpshaar, H., Franken, K., Bartels, C. och Barkemaa, H.W. (2002) Risk factors for clinical *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium infection on Dutch dairy farms. *Preventive Veterinary Medicine*, **54**, 157-168.
- Widgren, S., Eriksson, E., Aspan, A., Emanuelson, U., Alenius, S. och Lindberg, A. (2013) Environmental sampling for evaluating verotoxigenic *Escherichia coli* O157:H7 status in dairy cattle herds. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, **25**, 189-198.
- Wierup, M. (2006) *Salmonella* i foder - en utredning på uppdrag av Jordbruksverket om orsaker och risker samt förslag till åtgärder. Jordbruksverket.
- Williams, B.M., Richards, D.W., Stephens, D.P. och Griffiths, T. (1977) The transmission of *S. livingstone* to cattle by the herring gull (*Larus argentatus*). *Veterinary Record*, **100**, 450-451.
- Xiuping, J., Morgan, J. och Doyle, M.P. (2002) Fate of *Escherichia coli* O157:H7 in manure-amended soil. *Applied and Environmental Microbiology*, **88**, 2605-2609.
- Yaun, B.R., Sumner, S.S., Eifert, J.D. och Marcy, J.E. (2003) Response of *Salmonella* and *Escherichia coli* O157 : H7 to UV energy. *Journal of Food Protection*, **66**, 1071-1073.
- Yaun, B.R., Sumner, S.S., Eifert, J.D. och Marcy, J.E. (2004) Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. *International Journal of Food Microbiology*, **90**, 1-8.
- You, Y., Rankin, S.C., Aceto, H.W., Benson, C.E., Toth, J.D. och Dou, Z. (2006) Survival of *Salmonella enterica* serovar Newport in manure and manure-amended soils. *Applied and Environmental Microbiology*, **72**, 5777-5783.
- Yu, J., Yu, H. och Xu, L. (2013) Performance evaluation of various storm-water best management practices. *Environmental Science and Pollution Research*, **2013**, 9.
- Ågren, E.C.C., Frössling, J., Wahlström, H., Emanuelson, U. och Sternberg Lewerin, S. (2017) A questionnaire study of associations between potential risk factors and salmonella status in Swedish dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine*, **143**, 21-29.
- Ågren, E.C.C., Sternberg Lewerin, S., Wahlström, H., Emanuelson, U. och Frössling, J. (2016) Low prevalence of *Salmonella* in Swedish dairy herds highlight differences between serotypes. *Preventive Veterinary Medicine*, **125**, 38-45.
- Österberg, J., Vagsholm, I., Boqvist, S. och Lewerin, S.S. (2006) Feed-borne outbreak of *Salmonella* Cubana in Swedish pig farms: Risk factors and factors affecting the restriction period in infected farms. *Acta Veterinaria Scandinavica*, **47**, 13-21.





**besök.** Ulls väg 2 B **post.** 751 89 Uppsala  
**telefon.** 018 67 40 00 **fax.** 018 30 91 62  
**e-post.** [sva@sva.se](mailto:sva@sva.se) **webb.** [www.sva.se](http://www.sva.se)