



# Cellsönderfall som orsak till falskt förhöjda celltal i mjölk

En studie om förekomst och bakomliggande faktorer

---

Louise Nilsson

Examensarbete/Självständigt arbete • 30 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Agronom - djur

Uppsala 2026



# Cellsönderfall som orsak till falskt förhöjda celltal i mjölk - en studie om förekomst och bakomliggande faktorer

*Lysis of cells as a cause of falsely elevated somatic cell counts in milk - a study of prevalence and contributing factors*

Louise Nilsson

|                              |                                                                                                             |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Handledare:</b>           | <b>Josef Dahlberg, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för kliniska vetenskaper</b>                |
| <b>Bitr. handledare:</b>     | Ann Nyman, Växa                                                                                             |
| <b>Examinator:</b>           | Cecilia Kronqvist, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd |
| <b>Omfattning:</b>           | 30 hp                                                                                                       |
| <b>Nivå och fördjupning:</b> | Avancerad nivå, A2E                                                                                         |
| <b>Kurstitel:</b>            | Självständigt arbete i husdjursvetenskap för agronomer                                                      |
| <b>Kurskod:</b>              | EX1023                                                                                                      |
| <b>Program/utbildning:</b>   | Agronom - djur                                                                                              |
| <b>Kursansvarig inst.:</b>   | Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd                                                   |
| <b>Utgivningsort:</b>        | Uppsala                                                                                                     |
| <b>Utgivningsår:</b>         | 2026                                                                                                        |
| <b>Omslagsbild:</b>          | AI-genererad bild                                                                                           |
| <b>Nyckelord:</b>            | Somatiskt celltal, GOSE, provmjölkning, juverhälsa                                                          |

## **Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakultet - Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institution - Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

## Sammanfattning

På senare år har problem med falskt förhöjda eller uteblivna celltalsvärden uppmärksamats vid analys av svenska provmjölkningssprover. Problemet misstänks bero på otillräcklig separation mellan somatiska celler och bakgrundsbrus vid analysen, vilket i detta arbete benämns som cellsönderfall. Syftet med studien var att undersöka förekomsten av cellsönderfall i svenska provmjölkningssprover samt analysera samband mellan cellsönderfall och individ- och besättningsfaktorer. Studien baserades på data från Eurofins och Växas kodatabas. Besättningsdata från åren 2022–2025 användes för analyser på besättningsnivå och individdata från 2025 användes för analyser på konivå. Statistiska analyser genomfördes i Stata med hjälp av deskriptiva analyser och logistiska regressionsmodeller. Resultaten visade att andelen prover med cellsönderfall var låg (<1 %), men att en stor andel besättningar hade minst ett prov med cellsönderfall under studieperioden. Förekomsten varierade mellan olika mjölkningssystem, där besättningar med automatiska mjölkningssystem uppvisade högst sannolikhet för cellsönderfall. Även ekologiska och större besättningar hade högre sannolikhet. På individnivå observerades samband med bland annat ras, laktationsnummer, BHB och mjölkproduktion. Dessutom sågs säsongsvariationer och geografiska skillnader mellan olika län. Sammanfattningsvis visar studien att cellsönderfall är ett komplext fenomen som sannolikt påverkas av flera samverkande faktorer kopplade till både management och kons fysiologiska status. Resultaten bidrar med ökad kunskap om ett fenomen som kan påverka tillförlitligheten i celltalsanalyser och därmed uppföljningen av juverhälsa i svenska mjölkbesättningar.

*Nyckelord:* somatiskt celltal, GOSE, provmjölkning, juverhälsa

## Abstract

In recent years, falsely elevated or missing somatic cell count values have been reported in Swedish milk recording samples. The problem is believed to be caused by insufficient separation between somatic cells and background noise during analysis, a phenomenon referred to as cell lysis in this study. The aim of the study was to investigate the occurrence of cell lysis in Swedish milk recording samples and to analyse associations between cell lysis and both cow- and herd-level factors. The study was based on data from Eurofins and Växa's database. Herd-level data from 2022–2025 were used for herd-level analyses, while individual cow data from 2025 were used for cow-level analyses. Statistical analyses were performed in Stata using descriptive analyses and logistic regression models. The results showed that the proportion of samples with cell lysis was low (<1%), although a large proportion of herds had at least one affected sample during the study period. The occurrence varied between milking systems, with herds using automatic milking systems showing the highest probability of cell lysis. Organic and larger herds also showed a higher probability. At the cow level, associations were observed with breed, parity, BHB and milk yield. Seasonal variation and geographical differences between counties were also observed. In conclusion, the study indicates that cell lysis is a complex phenomenon likely influenced by several interacting factors related to both herd management and the physiological status of the cow. The results contribute to increased knowledge of a phenomenon that may affect the reliability of somatic cell count analyses and thereby the monitoring of udder health in Swedish dairy herds.

*Keywords:* somatic cell count, GOSE, milk recording, udder health

# Innehållsförteckning

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabellförteckning .....</b>                                    | <b>6</b>  |
| <b>Figurförteckning .....</b>                                     | <b>7</b>  |
| <b>Förkortningar .....</b>                                        | <b>8</b>  |
| <b>1. Inledning .....</b>                                         | <b>9</b>  |
| <b>2. Litteraturgenomgång .....</b>                               | <b>11</b> |
| 2.1 Somatiska celler i mjölk .....                                | 11        |
| 2.1.1 Polymorfonukleära neutrofiler (PMN) .....                   | 12        |
| 2.1.2 Makrofager .....                                            | 12        |
| 2.1.3 Lymfocyter .....                                            | 12        |
| 2.2 Faktorer som påverkar celltalet.....                          | 13        |
| 2.3 Analysmetoder för mätning av celltal i mjölk.....             | 14        |
| 2.4 FOSS-instrument .....                                         | 15        |
| 2.4.1 Mätning av celltal och DSCC med FOSS-instrument.....        | 16        |
| 2.5 Faktorer som kan påverka mätningen av celltal och DSCC .....  | 17        |
| 2.6 Provmjolkning och hur det går till .....                      | 18        |
| <b>3. Metod.....</b>                                              | <b>20</b> |
| 3.1 Datainsamling / datamaterial .....                            | 20        |
| 3.2 Statistisk analys .....                                       | 20        |
| <b>4. Resultat .....</b>                                          | <b>23</b> |
| 4.1 Generellt.....                                                | 23        |
| 4.1.1 Säsongsvariationer .....                                    | 23        |
| 4.1.2 Provmjolkningstillfälle .....                               | 24        |
| 4.2 Besättningsspecifikt .....                                    | 25        |
| 4.2.1 Besättningsdata .....                                       | 25        |
| 4.2.2 Mjolkningssystem .....                                      | 25        |
| 4.2.3 Produktionsform.....                                        | 27        |
| 4.2.4 Län .....                                                   | 27        |
| 4.2.5 Tankmjölksdata.....                                         | 28        |
| 4.2.6 Samband mellan cellsönderfall och besättningsfaktorer ..... | 29        |
| 4.2.7 Samband mellan cellsönderfall och tankmjölksdata.....       | 31        |
| 4.3 Individdata.....                                              | 32        |
| 4.3.1 Laktationsnummer .....                                      | 33        |
| 4.3.2 Ras.....                                                    | 33        |
| 4.3.3 Mjölksammansättning .....                                   | 34        |
| 4.3.4 Samband mellan cellsönderfall och individfaktorer .....     | 35        |
| <b>5. Diskussion .....</b>                                        | <b>39</b> |

|           |                                                                                                        |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.1       | Förekomst av cellsönderfall på prov- och besättningsnivå .....                                         | 39        |
| 5.2       | Möjliga biologiska och säsongrelaterade förklaringar till cellsönderfall .....                         | 40        |
| 5.3       | Betydelsen av mjölkningssystem och produktionsform .....                                               | 42        |
| 5.4       | Samband mellan ras och cellsönderfall .....                                                            | 43        |
| 5.5       | Metoddiskussion .....                                                                                  | 43        |
| 5.6       | Praktisk betydelse .....                                                                               | 44        |
| <b>6.</b> | <b>Slutsats .....</b>                                                                                  | <b>46</b> |
|           | <b>Referenser.....</b>                                                                                 | <b>47</b> |
|           | <b>Populärvetenskaplig sammanfattning .....</b>                                                        | <b>50</b> |
|           | <b>Tack</b>                                                                                            | <b>51</b> |
|           | <b>Bilaga 1. Fullständig multivariabel blandad logistisk regressionsanalys på besättningsnivå.....</b> | <b>52</b> |
|           | <b>Bilaga 2. Fullständig multivariabel blandad logistisk regressionsanalys på tankmjölksdata .....</b> | <b>55</b> |
|           | <b>Bilaga 3. Fullständig multivariabel blandad logistisk regressionsanalys på individnivå .....</b>    | <b>58</b> |

# Tabellförteckning

|                                                                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabell 1. Översikt över antal provmjölkningssprover och provmjölkningstillfällen samt förekomst av cellsönderfall, uttryckt som antal och andel (%), under åren 2022–2025 ..... | 23 |
| Tabell 2. Antal provmjölkande besättningar och andel (%) med minst ett fall av cellsönderfall, 2022–2025 .....                                                                  | 25 |
| Tabell 3. Förekomst av cellsönderfall per mjölkningssystem och år .....                                                                                                         | 26 |
| Tabell 4. Kontinuerliga variabler i tankmjölksprover presenterade som median (IQR) och medelvärde (SD) uppdelat efter förekomst av cellsönderfall .....                         | 29 |
| Tabell 5. Fördelning av antal registrerade cellsönderfall per ko samt tillhörande andel i procent (2025) .....                                                                  | 32 |
| Tabell 6. Kontinuerliga variabler för kor med och utan cellsönderfall, presenterade som median (IQR) och medelvärde (SD) .....                                                  | 34 |

# Figurförteckning

|                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figur 1. Illustration av god respektive otillräcklig separation mellan somatiska celler och bakgrundsbrus vid analys med Fossomatic 7 DC, där vänster figur visar GOSE = 1 och höger figur visar GOSE = 0. (FOSS u.å.). | 17 |
| Figur 2. Andel provmjölkningssprover med cellsönderfall (%) per månad under åren 2022–2025                                                                                                                              | 24 |
| Figur 3. Fördelning av provmjölkningstillfällen med cellsönderfall efter antal prover med cellsönderfall per tillfälle under 2022–2025                                                                                  | 25 |
| Figur 4. Andel besättningar som har haft minst ett prov med cellsönderfall under respektive år och fördelat per mjölkningssystem                                                                                        | 26 |
| Figur 5. Andel besättningar med minst ett provmjölkningstillfälle med minst ett cellsönderfall, med en viss produktionsform, 2022–2025                                                                                  | 27 |
| Figur 6. Geografisk fördelning av andelen besättningar med cellsönderfall (%) per län i Sverige under 2022–2025                                                                                                         | 28 |
| Figur 7. Modellbaserad skattad medelsannolikhet (med 95% konfidensintervall) för cellsönderfall per månad under åren 2022 (ljusgrön), 2023 (röd), 2024 (gulgrön) och 2025 (mörkgrön)                                    | 30 |
| Figur 8. Modellbaserad skattad medelsannolikhet (med 95% konfidensintervall) för cellsönderfall i olika mjölkningssystem på besättningsnivå                                                                             | 30 |
| Figur 9. Modellbaserade skattade medelsannolikheter för förekomst av cellsönderfall på besättningsnivå fördelat per län                                                                                                 | 31 |
| Figur 10. Fördelning av kor med cellsönderfall (%) per laktationsnummer                                                                                                                                                 | 33 |
| Figur 11. Andel kor med cellsönderfall (%) uppdelat efter ras                                                                                                                                                           | 34 |
| Figur 12. Andel kor med cellsönderfall (%) inom olika ureaklasser                                                                                                                                                       | 35 |
| Figur 13. Modellbaserad skattad medelsannolikhet (med 95% konfidensintervall) för cellsönderfall för olika raser 2025                                                                                                   | 36 |
| Figur 14. Modellbaserad skattad medelsannolikhet (med 95% konfidensintervall) för cellsönderfall per månad år 2025                                                                                                      | 37 |
| Figur 15. Modellbaserade skattade medelsannolikheter (med 95% konfidensintervall) för förekomst av cellsönderfall på individnivå fördelat per län år 2025                                                               | 38 |

# Förkortningar

| Förkortning | Betydelse                                                         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|
| AMS         | Automatiskt mjölkningssystem                                      |
| BHB         | $\beta$ -hydroxybutyrat                                           |
| CMT         | California Mastitis Test                                          |
| DSCC        | Differential Somatic Cell Count / Differentierat somatisk celltal |
| GOSE        | Good Separation                                                   |
| PMN         | Polymorfonukleära neutrofiler                                     |
| SCC         | Somatic Cell Count / Somatiskt celltal                            |



# 1. Inledning

Uppföljning av produktions- och hälsoparametrar är en central del av management inom modern mjölkproduktion. I Sverige samlas sådana uppgifter bland annat in genom Kokontrollen® och de provmjölkningar som genomförs i anslutna besättningar, vilket omfattar cirka 66 % av Sveriges mjölkproducenter (Växa Sverige, 2025a; Jordbruksverket, 2026). Vid provmjölkning analyseras mjölkprover för flera parametrar, däribland fett, protein, urea, celltal och BHB ( $\beta$ -hydroxibutyrat). Dessa värden används för att bedöma djurens hälsostatus, utvärdera utfodringen samt följa upp produktionen i besättningen (Växa Sverige, 2025c).

Bland dessa parametrar är celltalet av särskild betydelse eftersom det speglar juverhälsan hos kon. Somatiskt celltal utgörs huvudsakligen av kroppsegna immunceller och används som en central indikator vid bedömning och uppföljning av juverhälsa inom mjölkproduktionen (Widmer et al., 2022). Tillförlitliga celltalsanalyser är därför avgörande för både rådgivning och besättningsstyrning.

Man har på Kokontrollen® på Växa under senare år uppmärksammat förekomst av falskt förhöjda eller uteblivna celltalsresultat i mjölkprover från vissa besättningar. Problemet har identifierats vid analyser av provmjölkningsprover på Eurofins laboratorium i Jönköping och har blivit mer uppmärksammat i samband med införandet av analysinstrumentet Fossomatic 7 DC. Eurofins har identifierat problemet som interferens i analysen, där somatiska celler inte går att särskilja från andra cellfragment i mjölken. Olika komponenter i mjölken kan potentiellt bidra till denna interferens och försämma separationen mellan celler och analytiskt bakgrundsbrus. Vid bristande separation finns risk att instrumentet felaktigt registrerar brus som celler, vilket kan leda till falskt förhöjda celltal eller att resultaten inte är tillförlitliga och därför inte bör användas (FOSS, u.å.; Widmer et al. 2022).

Fenomenet som undersöks i studien saknar i dagsläget en etablerad vetenskaplig benämning. I detta arbete används därför termen *cellsönderfall* för att beskriva de analysstörningar som observerats i vissa mjölkprover, där analysinstrumentet inte kunnat generera ett tillförlitligt celltalsresultat. Benämningen används trots att det ännu inte är helt klarlagt vad som orsakar fenomenet och om det faktiskt beror på att somatiska celler faller sönder eller om exempelvis en kontaminering av bakterier påverkar analysen.

Enligt ansvariga på Kokontrollen® har detta problem uppmärksamats på olika gårdar där vissa drabbas mer än andra och omfattningen varierar betydligt. Orsaken till denna variation är i dagsläget oklar. I de fall där mjölkprover uppvisar cellsönderfall och ett representativt celltal inte kan fastställas, rapporteras inget celltal i provmjölkningsresultatet. Avsaknaden av ett användbart celltal försvårar uppföljningen av juverhälsan i besättningen och upprepade tillfällen med uteblivna celltal riskerar även att nyttan med provmjölkningen minskar, vilket i sin tur kan påverka motivationen att fortsätta delta i systemet.

Trots att problemet har identifierats saknas i dagsläget en tydlig bild av hur vanligt förekommande cellsönderfall i mjölkprover är, vilka faktorer som bidrar till dess uppkomst och i vilken utsträckning fenomenet kan kopplas till egenskaper hos djuren eller på besättningsnivå. Därför finns ett behov av att öka kunskapen om vilka faktorer som kan ligga bakom detta problem för att förbättra tillförlitligheten i celltalsanalyser och underlätta uppföljning inom mjölkproduktionen.

Syftet med studien är att kartlägga förekomsten av mjölkprover med falskt förhöjda celltal till följd av cellsönderfall samt att analysera om förekomsten kan kopplas till individrelaterade faktorer hos kor och till faktorer på besättningsnivå. Studien avser även att bidra till ökad kunskap om fenomenets utbredning och eventuella mönster, vilket kan förbättra analys och tolkning av celltal i mjölk.

För att undersöka detta problem avser studien att besvara följande frågeställningar:

- Hur vanligt förekommande är cellsönderfall på prov- och besättningsnivå i svenska mjölkbesättningar?
- Finns det samband mellan förekomsten av cellsönderfall och individ- eller besättningsrelaterade faktorer?
- Går det att identifiera tidsmässiga mönster, exempelvis säsongsvariationer, i förekomsten av påverkade mjölkprover över tid?

## 2. Litteraturgenomgång

### 2.1 Somatiska celler i mjölk

Somatiskt celltal i mjölk används som en indikator för att bedöma juverhälsa hos mjölkkor. Parametern speglar mängden somatiska (kroppsegna) celler i mjölken och är internationellt etablerad som ett verktyg för att identifiera inflammation i juvret. Högt celltal är ofta kopplat till intramammära infektioner och används därför i stor utsträckning för att upptäcka mastit. Särskilt vid subklinisk mastit, där tydliga kliniska symtom saknas, är analys av celltal ett viktigt diagnostiskt hjälpmedel (Kirkeby et al. 2021). Hos friska kor ligger celltalet vanligtvis under 100 000 celler per milliliter, medan ett celltal över 200 000 celler per milliliter ofta används som riktvärde för att indikera förekomst av mastit (Van Den Borne et al. 2011; Kirkeby et al. 2021).

Mjölk från friska individer innehåller olika celltyper. Dessa celler kan huvudsakligen delas in i två grupper: epitelceller, som härstammar från juvervävnaden, och leukocyter (vita blodkroppar), som migrerar från blodet till juvret för att motverka infektion (Schultz 1977; Alhussien et al. 2021). Leukocyterna kan vidare kategoriseras i makrofager, lymfocyter och polymorfonukleära neutrofiler (PMN) (Widmer et al. 2022; Darbaz et al. 2023).

Differentierat somatisk celltal (DSCC) beskriver den relativa fördelningen mellan somatiska celler i mjölk och ger därmed en mer nyanserad bild av sjukdomsförloppet än enbart totalt celltal. Parametern uttrycker hur stor andel av somatiska cellerna som utgörs av neutrofiler och lymfocyter (Schwarz et al. 2020), medan den återstående delen huvudsakligen består av makrofager (Tolone et al. 2023).

Vid mastit ökar antalet somatiska celler i mjölken och fördelningen av makrofager, lymfocyter och neutrofiler i mjölken förändras beroende på infektionens förlopp. I mjölk från friska individer ("frisk mjölk") utgör makrofager den dominerande celltypen (cirka 66%), men den totala mängden inflammatoriska celler är generellt låg. Vid mastit sker en tydlig förskjutning i cellfördelningen. Andelen makrofager minskar till cirka 45% vid subklinisk mastit och till omkring 17% vid klinisk mastit. Även andelen lymfocyter minskar, från cirka 14% i frisk mjölk till cirka 9% vid klinisk mastit. Neutrofiler ökar däremot kraftigt, från cirka 20% i frisk mjölk till omkring 42% vid subklinisk och upp till cirka 74% vid klinisk mastit. Denna ökning beror på att neutrofiler snabbt rekryteras från blodet till juvret vid inflammation (Alhussien et al. 2021).

Vid en infektion ökar andelen neutrofiler, vilket leder till en förändring i DSCC, ofta innan en tydlig ökning av det totala celltalet kan observeras (Magro et al. 2023; Tolone et al. 2023). Därför används DSCC som ett komplement till totala celltalet för att förbättra möjligheten att identifiera tidiga eller subkliniska mastiter (Schwarz et al. 2020; Tolone et al. 2023). Eftersom DSCC speglar förändringar i cellfördelning är det mest lämpligt att analysen sker frekvent, helst i anslutning till varje mjölkning, för att kunna utnyttja dess fulla potential vid mastitdetektering.

### 2.1.1 Polymorfonukleära neutrofiler (PMN)

Neutrofiler utgör en central del av det initiala immunförsvaret mot infektioner i juvervävnaden. Neutrofiler rekryteras från blodet till juvret som svar på kemotaktiska signaler som frisätts från makrofager och skadad eller infekterad vävnad. Deras primära funktion är fagocytos, där de omsluter och bryter ner patogena mikroorganismer, vilket bidrar till att begränsa infektionens spridning. Förhöjda nivåer av neutrofiler i mjölk är associerade med mastit och speglar en aktiv inflammatorisk process i juvret. En ökning av neutrofiler bidrar därmed i stor utsträckning till högt celltal. Neutrofiler är generellt mer effektiva i blodcirkulationen än i mjölk då mjölkens sammansättning kan påverka deras bakteriedödande aktivitet (Schultz, 1977). Andelen neutrofiler av den totala cellpopulationen i mjölk är ofta högre i början och slutet av laktationen, vilka är perioder som betraktas som särskilt kritiska för juverhälsan (Mondini et al. 2025).

### 2.1.2 Makrofager

Makrofager utgör den dominerande celltypen bland de somatiska cellerna i mjölk från friska juver. Dessa celler spelar en viktig roll i juvrets immunförsvaret genom att identifiera och eliminera mikroorganismer. De utgör en viktig del av det medfödda immunförsvaret genom fagocytos av bakterier, cellrester och andra skadliga ämnen (Li et al. 2014; Mondini et al. 2025), samt genom produktion av reaktiva syre- och kväveföreningar (Silva et al. 2021). Makrofager spelar också en viktig roll i immunförsvaret genom att rekrytera neutrofiler till juvret vid infektion. De deltar även i det adaptiva immunförsvaret genom att presentera antigen från mikroorganismer för lymfocyter, vilket bidrar till att aktivera en mer specifik immunrespons (Li et al. 2014; Mondini et al. 2025). Vid rekrytering av neutrofiler och vid bekämpning av bakterier frisläpps chemokiner och enzymer som kan påverka mjölkens sammansättning (Li et al. 2014). Låg andel makrofager (<18–20 % av leukocyterna) kan indikera försämrad juverhälsa och ökad risk för högre celltal i mjölken (Mondini et al. 2025).

### 2.1.3 Lymfocyter

Lymfocyterna utgör en central del av det adaptiva immunförsvaret och kan, till skillnad från neutrofiler som främst reagerar på ospecifik inflammation, identifiera specifika antigener via sina membranbundna receptorer (Schmaltz et al. 1996).

Lymfocyter delas in i tre huvudgrupper: T-celler, B-celler och NK-celler, vilka har olika funktioner i immunförsvaret. T-celler kan vidare delas in i CD4+- och CD8+-celler. CD4+-celler fungerar främst som hjälparceller som reglerar och samordnar immunresponsen genom att aktivera andra immunceller, medan CD8+-celler har en cytotoxisk funktion och kan eliminera infekterade celler (Schmaltz et al. 1996; Silva et al. 2021). En högre andel CD4+-celler i relation till CD8+-celler har associerats med en ökad motståndskraft mot mastit, vilket tyder på att en välreglerad immunrespons är viktig för juverhälsan (Silva et al. 2021). B-celler ansvarar för produktion av antikroppar, medan NK-celler ingår i det medfödda immunförsvaret och bidrar till ett snabbt försvar mot infektioner (Schmaltz et al. 1996).

## 2.2 Faktorer som påverkar celltalet

Hos friska kor ligger celltalet i mjölk vanligtvis under 100 000 celler per milliliter, även om variation förekommer mellan individer (Frössling et al. 2017; Darbaz et al. 2023). Eftersom juvret är uppdelat i fyra juverdelar kan celltalet variera mellan dessa och vid mastit är det vanligt att endast en eller ett fåtal juverdelar är påverkade, vilket innebär att celltalet i ett mjölkprov ofta representerar en blandning av mjölk från både friska och infekterade juverdelar (Schultz 1977).

Celltalet i mjölk påverkas av flera olika faktorer, bland annat biologiska, genetiska och miljömässiga förhållanden. Celltalet påverkas exempelvis av både mjölkproduktion och laktationsstadium. Sambandet mellan mjölkproduktion och celltal är dock komplext och delvis dubbelriktat. Mastit leder ofta till minskad mjölkproduktion (Schultz 1977), och ett negativt samband mellan celltal och mjölkproduktion har även observerats i senare studier (Mondini et al. 2025). Högproducerande kor har ofta ett lägre celltal då antalet celler fördelas på en större volym mjölk men kan ibland uppvisa högt celltal, vilket delvis har kopplats till fysiologisk stress och kan därmed påverka immunförsvaret negativt (Sun et al. 2023; Mondini et al. 2025). En låg mjölkproduktion är dock inte nödvändigtvis ett tecken på mastit, utan kan bero på andra faktorer.

Celltalet är vanligtvis högst strax efter kalvning, vartefter den sjunker och når sin lägsta nivå ungefär mellan dag 25 och 45 i laktationen. Därefter ökar celltalet gradvis igen under resten av laktationsperioden (Sun et al. 2023). Celltalet kan därmed öka av fysiologiska anledningar i slutet av laktationen utan att infektion föreligger, vilket innebär att tolkningen av celltal bör göras med hänsyn till både individuella och fysiologiska variationer (Frössling et al. 2017; Darbaz et al. 2023). Antalet kalvningar och ålder har också betydelse för celltalet i mjölken. Multipara kor har generellt högre celltal än primipara kor, vilket delvis förklaras av förändringar i immunförsvaret med stigande ålder samt produktionsrelaterade faktorer (Sun et al. 2023; Mondini et al. 2025). Samtidigt har kor som haft upprepande mastitinfektioner under sin livstid högre celltal, även när de för tillfället är friska (Andersson et al. 2011).

Även genetiska faktorer kan påverka celltalet, vilket bland annat har visats genom skillnader mellan olika raser. Högproducerande mjölkraser, till exempel Holstein, uppvisar ofta högre celltal jämfört med vissa lokala eller mindre högproducerande raser. Dessutom kan juvrets och spenarnas exteriör ha betydelse, då kor med god juver- och speninfästning generellt har lägre risk för mastit (Sun et al. 2023).

Säsong och klimat är ytterligare faktorer som kan påverka celltalet. Höga temperaturer kan orsaka värmestress hos korna, vilket kan försämra immunförsvaret och öka risken för juverinflammation och leda till förhöjda celltal i mjölken. Även andra stressfaktorer, såsom förändringar i inhysning eller foder, kan påverka immunförsvaret och därmed celltalet (Sun et al. 2023).

Slutligen har skötsel och mjölkningsrutiner stor betydelse för celltalet. Eftersom mastit och förhöjt celltal i de flesta fall orsakas av bakteriella infektioner är god hygien avgörande för att upprätthålla stabila celltal. Under mjölkning är juvret särskilt utsatt eftersom spensfinktern öppnas, vilket gör spenkanalen mer mottaglig för att bakterier kan tränga in och orsaka infektion. Hur mjölkningen genomförs är därför av stor betydelse, eftersom exempelvis felaktigt vakuumtryck eller bristande mjölkningsteknik kan öka risken för juverinfektioner (Sun et al. 2023). Mastitorsakande bakterier kan överföras både mellan kor och från miljön, vilket innebär att förebyggande åtgärder bör riktas mot såväl smittspridning mellan djur som exponering för bakterier i omgivningen (Andersson et al. 2011).

## 2.3 Analysmetoder för mätning av celltal i mjölk

Det finns flera metoder för att mäta celltalet i mjölk, bland annat direkt mikroskopisk räkning, analys direkt på gården samt olika automatiserade analysmetoder (Pelvan & Unluturk 2015; Sun et al. 2023).

Vid direkt mikroskopisk räkning appliceras en liten bestämd mängd mjölk på ett objektglas, mjölken torkas och färgas för att göra cellerna tydligare och mer synliga i ljusmikroskop. I mikroskopet räknas sedan de cellkärnor som färgats, vilka motsvarar de somatiska cellerna i provet. Skillnader i storlek och form mellan olika celltyper gör att metoden kan användas för att kvantifiera de olika celltyperna i ett prov. Metoden anses vara noggrann och används ofta som referensmetod när man jämför eller kontrollerar andra metoder. Samtidigt är den relativt tidskrävande och resultaten kan påverkas av den mänskliga faktorn, vilket kan leda till variation mellan analyser (Pelvan & Unluturk 2015; Sun et al. 2023).

Direkt på gården kan man i stället använda sig av California Mastitis Test (CMT) vilket är en billig, snabb och enkel metod för att uppskatta totalantalet celler. Testet används ofta i samband med mjölkning för att upptäcka misstänkt subklinisk mastit. Mjölk tas separat från varje juverdel och testet utförs med hjälp av en plastpaddel indelad i fyra skålar, en för varje juverdel. En liten mängd mjölk mjölkas ut i respektive skål innan CMT-vätska tillsätts. CMT-vätskan innehåller en anjonisk detergent och en pH-indikator och reagerar med cellernas DNA, vilket leder till att mjölkens viskositet ökar. Vid högt celltal blir blandningen tjockare och mer geléaktig. Det är viktigt att volymförhållandet mellan mjölk och testvätska är korrekt, vanligtvis 1:1 eller 1:1,5. Efter tillsats blandas innehållet genom försiktiga cirkulära rörelser och resultatet avläses efter cirka 15–30 sekunder. Tolkningen baseras på hur kraftig viskositetsökningen är. Om blandningen förblir homogen och lättflytande motsvarar det vanligen ett celltal under 200 000 celler per milliliter, medan en tydligt geléaktig eller kraftigt förtjockad blandning indikerar ett högt celltal, upp mot 5 000 000 celler per milliliter eller mer (SVA, 2019).

En av de vanligaste metoderna för bestämning av celltal i mjölk är flödescytometri. Metoden är automatiserad och särskilt lämplig för storskalig analys av ett stort antal mjölkprover (Pelvan & Unluturk 2015; Sun et al. 2023). Flödescytometri är en teknik som möjliggör detaljerad analys och kvantifiering av individuella celler i en vätskelösning (McKinnon 2018). Vid analysen identifieras somatiska celler genom att deras DNA färgas med ett fluorescerande

färgämne. Metoden bygger sedan på att cellerna leds genom ett smalt rör och passerar en laserstråle en i taget. När lasern träffar dessa fluorescerande ämnen avges ljus i specifika våglängder som fångas upp av detektorer och sedan omvandlas till användbara data (Pelvan & Unluturk 2015; McKinnon 2018). Instrumentet kan exakt identifiera kärnförande celler och skilja dem från andra partiklar i mjölken och därmed få ett mått på celltal i mjölk (Widmer et al. 2022).

Vid bestämning av DSCC används flödescytometri och interaktionen mellan laserstråle och det fluorescerande färgämnet. Detektorer mäter hur ljuset sprids framåt och åt sidorna. Den framåtriktade ljusspridningen används för att uppskatta cellens storlek, medan sidospridningen ger information om cellens inre struktur och en algoritm används för att skilja mellan olika celltyper. Instrumentet registrerar fluorescenssignaler i olika detektorer som används för att identifiera och kvantifiera celler i provet. Signalmönstret från de olika detektorerna visualiseras i ett punktdiagram (dot plot) och analyseras vidare med hjälp av algoritmen för att separera makrofager från den cellpopulation som består av neutrofiler och lymfocyter (Tolone et al. 2023).

I punktdiagrammet fördelas partiklar utifrån de ljussignaler de avger och till vilka detektorer, vilket gör det möjligt att särskilja olika cellpopulationer (Tolone et al. 2023). Analysen påverkas dock av bakgrundssignaler från mjölkens övriga komponenter, vilket innebär att även andra partiklar än somatiska celler kan registreras av instrumentet. Detta ställer krav på att analysmetoden har tillräcklig förmåga att särskilja somatiska celler från bakgrundssignaler för att säkerställa ett tillförlitligt resultat (Magro et al., 2023; Tolone et al., 2023).

## 2.4 FOSS-instrument

Eurofins laboratorium i Jönköping analyserar provmjölkkningsprover för Kokontrollen® med hjälp av FOSS-instrument för bestämning av celltal i mjölk. De instrument som används är Fossomatic 7, Fossomatic FC och Fossomatic 7 DC, vilka alla baseras på flödescytometri (FOSS, u.å.). Fossomatic 7 och Fossomatic FC används för bestämning av totalt celltal, medan Fossomatic 7 DC även kan analysera DSCC, vilket möjliggör uppskattning av andelen olika immunceller i mjölken (FOSS, u.å.)

Vid analys med Fossomatic 7 DC används akridinorange som fluorescerande färgämne vilket binder till DNA i cellerna och avger olika färger beroende på typen av somatisk cell. Detta gör det möjligt att mäta och identifiera olika typer av somatiska celler i mjölkprover (Eurofins, 2020).

Eurofins använder huvudsakligen Fossomatic 7 DC vid analys av provmjölkkningsprover, och det är i samband med användningen av detta instrument som problem med cellsönderfall har uppmärksamats. Sedan laboratoriet övergick till Fossomatic 7 DC runt 2017 har man noterat ökad uppkomst av interferens mellan somatiska celler och bakgrundsbrus i vissa prover och kan därför inte tydligt tyda analysresultaten. Interferensen misstänks kunna bero på

fragmentering (sönderfall) av celler som leder till att DNA frisläpps i provet eller andra störningar i provet, vilket kan påverka både celltals- och DSCC-analysen.

### 2.4.1 Mätning av celltal och DSCC med FOSS-instrument

Tillförlitlig mätning av celltal i mjölk förutsätter att provet är av god kvalitet och att instrumentet kan skilja somatiska celler från bakgrundsbrus. Vid dålig provkvalitet kan bakgrundsbrus inte särskiljas från intakta somatiska celler, vilket påverkar resultatets tillförlitlighet (FOSS, u.å.).

De olika Fossomatic-instrumenten använder olika kvalitetsparametrar för att bedöma separationen mellan celler och brus. I Fossomatic 7 och Fossomatic FC baseras kvalitetsbedömningen huvudsakligen på ett Z-värde. Ett högt Z-värde indikerar en tydlig separation mellan celler och brus, medan låga Z-värden indikerar osäker mätkvalitet. Generellt anses Z-värden över cirka 2 ge tillförlitliga resultat, medan ett Z-värde nära noll innebär att separationen är otillräcklig och att resultatet bör användas med försiktighet (FOSS, u.å.).

I Fossomatic 7 DC används i stället kvalitetsparametern Good Separation (GOSE), för att bedöma om det är möjligt att särskilja somatiska celler från bakgrundsbrus (FOSS, u.å.; Magro et al. 2023; Tolone et al. 2023). GOSE är likvärdigt med Z-värdet fast med mer avancerad teknologi. GOSE är baserad på algoritmer som analyserar hur väl somatiska celler kan särskiljas från bakgrundsbrus i provet (FOSS, u.å.)<sup>1</sup>. GOSE antar värdena 1 eller 0 där ett GOSE-värde på 1 indikerar att separationen är tillräcklig och att cellerna har kunnat identifieras på ett tillförlitligt sätt utan att bakgrundssignalerna påverkar resultatet. Om värdet istället är 0 bedöms separationen som otillräcklig och att resultatet bör tolkas försiktigt eller inte användas (FOSS, u.å.; Tolone et al., 2023). Figur 1 illustrerar skillnaden mellan god och otillräcklig separation mellan somatiska celler och bakgrundsbrus vid analysen.

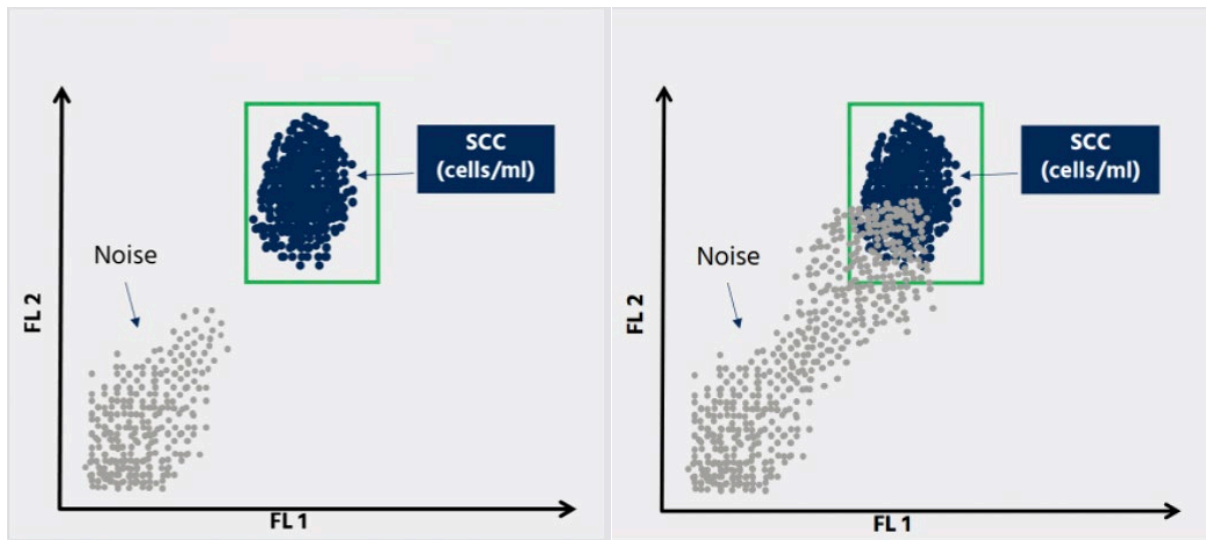
Enligt information från teknisk personal på FOSS kan problem ibland uppstå med enskilda instrument, vilket då leder till felaktiga värden. Fel som beror på instrumentet är oftast relativt konstanta över tid och mellan gårdar. Att antalet prover med cellsönderfall varierar mellan olika gårdar och provtillfällen talar emot att orsaken skulle vara ett tekniskt fel i instrumentet. I stället bedömer personal på FOSS att variationen beror på provkvaliteten, där högre grad av cellsönderfall kan indikera brister i provhantering eller hygien, exempelvis otillräcklig rengöring som kan leda till kontaminering.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Digitalt möte med FOSS, personlig kommunikation, 24 februari 2026

<sup>2</sup> Digitalt möte med FOSS, personlig kommunikation, 24 februari 2026





Figur 1. Illustration av god respektive otillräcklig separation mellan somatiska celler och bakgrundsbrus vid analys med Fossomatic 7 DC, där vänster figur visar GOSE = 1 och höger figur visar GOSE = 0. (FOSS u.å.).

## 2.5 Faktorer som kan påverka mätningen av celltal och DSCC

Temperatur, lagringstid och provtagning har stor betydelse för analysresultatet och kan påverka cellräkningen. Prover bör inte frysas, eftersom frysning kan skada cellkärnorna och försämra bindningen av det färgämne som används för att markera DNA. Frysning kan minska det uppmätta celltalet med upp till 28–34 % och därmed ge felaktigt låga värden. Även kylförvaring kan påverka resultaten negativt, där celltalet kan minska med cirka 14 % under en lagringsperiod på sju dagar. Det är därför viktigt att analysera proverna så snart som möjligt efter provtagning (Gonzalo et al. 1993).

Provhanteringen i övrigt är också avgörande för analysens tillförlitlighet. Resultat från interna studier på Eurofins visar att prover kan analyseras upp till sju dagar efter provtagning utan att celltalet påverkas, förutsatt att proverna hanteras korrekt och innehåller konserveringsmedel såsom bronopol (Eurofins, 2022). Bronopol är ett konserveringsmedel som tillsätts i provflaskor för att hämma bakterietillväxt och bevara mjölkens sammansättning fram till analys (Vigolo et al. 2022). Omblandning av prover, för att konserveringsmedlet ska fördelas i hela provet, är en kritisk faktor och bör ske inom 24 timmar efter provtagning, eftersom längre tidsintervall eller utebliven omblandning kan påverka analysresultatet negativt. Även antalet omblandningar har betydelse, där minst fem omblandningar krävs för att erhålla tillförlitliga resultat, medan färre omblandningar kan leda till sämre provkvalitet. Enligt studier från Eurofins tycks variationer i mängden bronopol inte ha någon avgörande påverkan på celltalet (Eurofins, 2022).

Mjölkens sammansättning kan även påverka analysresultatet vid celltalsmätning. Variationer i mjölkens komponenter kan bidra till bakgrundssignaler, vilket kan försämra separationen mellan somatiska celler och andra partiklar och därmed påverka analysens tillförlitlighet (Montagnani et al. 2025).

Mjölakens sammansättning påverkas av flera faktorer kopplade till kons fysiologiska status och managementförhållanden. Parametrar såsom fett, protein, urea och BHB används ofta som biomarkörer för att bedöma metabolism och näringsstatus hos mjölkkor (Babiciu et al. 2025). Dessa parametrar påverkas bland annat av energibalans, laktationsstadium, foderintag och sjukdomstillstånd. Flera studier har visat att mjölakens sammansättning i stor utsträckning speglar kons metabola status. Exempelvis indikerar förhöjda BHB-nivåer negativ energibalans och är associerade med förändringar i mjölakens fett- och proteinhalter. Sådana förändringar i mjölakens kemiska och fysikaliska egenskaper kan påverka separationen mellan somatiska celler och bakgrundspartiklar och därmed även analysens tillförlitlighet (Toscano et al. 2023). Tidigare studier har även visat att mjölakens sammansättning varierar mellan olika raser, inte bara avseende fett- och proteinhalt utan även exempelvis kaseinprofil, fettsyresammansättning, mineralinnehåll och pH (Johansson, 2025). Sådana skillnader skulle potentiellt också kunna påverka analysens separation mellan somatiska celler och bakgrundspartiklar.

## 2.6 Provmjolkning och hur det går till

Mjölkgårdar som är medlemmar i Kokontrollen® har möjlighet att provmjölka mellan 6 och 365 gånger per år. Det får dock inte gå mer än 72 dagar mellan provmjolkningstillfällena. Om man provmjölkar färre än 6 gånger per år eller om det går längre än 72 dagar mellan provmjolkningarna, kan man inte längre få officiella provmjolkningssiffror och därmed inte heller få tillgång till de nyckeltal som baseras på provmjolkningen (Växa Sverige, 2024b).

Vid en provmjolkning krävs det att besättningen har ett unikt identifikationsnummer och att varje ko är individuellt identifierad. Detta är nödvändigt för att provflaskan med mjölk ska kunna kopplas till rätt ko. Mjölksprovet ska vara representativt för hela mjölkningen, vilket uppnås genom att mjölken blandas noggrant före provtagning (ICAR, 2023). Provflaskorna är förbehandlade med bronopol för att hålla mjölakens sammansättning stabil fram till analys (Vigolo et al. 2022). Proverna bör i möjligaste mån representera ett 24-timmarsintervall, det vill säga innehålla mjölk från flera mjölkningar (ICAR, 2023).

Vid manuell mjölkning kopplas en mjölkbägare till mjölkningssystemet, mjölkbägaren och dess anslutning säkerställer att ett representativt mjölksprov för hela mjölkningen blir insamlat. När kon har mjölkats färdigt överförs mjölken till en separat bägare, kons identifikationsnummer registreras i datorn och streckkoden på provflaskan skannas. Detta säkerställer en korrekt och säker koppling mellan kons identitet och provflaskan. Med hjälp av en ösare överförs därefter mjölk från bägaren till provkoppen (Växa Sverige, 2024a). Det är viktigt att rätt mängd mjölk hamnar i provkoppen, vilket motsvarar cirka 18–25 ml. Om provkoppen fylls med för stor mängd mjölk kan fett fastna i locket, vilket kan påverka analysresultatet negativt (Växa Sverige, 2025b).

Vid provmjolkning i automatiska mjölkningssystem ansluts en särskild provtagningsenhet, liknande en låda, med provkoppar till mjölkroboten. Under mjölkningen tas ett delprov automatiskt från mjölken från varje ko och samlas i en individuell provkopp. Provmjolkningen pågår vanligtvis under en 24-timmarsperiod för att säkerställa att samtliga mjölkande kor hinner

mjölkas minst en gång under provdygnet (Växa Sverige, 2025d). Efter avslutad provperiod skannas provkopparnas streckkoder in i datasystemet, där det individuella provet från varje ko kopplas till rätt ko-ID och tillhörande mjölkdata (Växa Sverige, u.å.).

Mjölkproverna transporteras med mjölkbilen till laboratoriet för analys, där värden för bland annat fett, protein, urea, celltal och BHB fastställs. Dessa analysresultat är viktiga för uppföljning av både produktion och djurhälsa i besättningen. Genom att analysera värdena kan man bedöma om foderstaten är välbalanserad, identifiera eventuella brister i näringsförsörjningen samt få en indikation på djurens välbefinnande. Exempelvis ger celltalet information om juverhälsan, medan BHB och urea kan användas för att utvärdera balansen mellan energi och protein i foderstaten (Växa Sverige, 2025c).

## 3. Metod

### 3.1 Datainsamling / datamaterial

Studien baserades på GOSE-värden från Fossomatic 7 DC, där prover med GOSE = 0 definierades som prover med cellsönderfall.

Två separata dataset från Eurofins laboratorium i Jönköping användes för att undersöka förekomsten av cellsönderfall i svenska mjölkbesättningar. Det första datasetet bestod av sammanställda data över förekomst av prover med cellsönderfall per år och månad under perioden 2022–2025. Datasetet innehöll information om antal provmjölkkningsprover, antal prover med cellsönderfall, totalt antal provmjölkningstillfällen samt antal provmjölkningstillfällen med förekomst av cellsönderfall. Materialet kompletterades med uppgifter om mjölkningssystem, produktionsform, medelkoantal, län och tankmjölksanalysresultat från Växas kodatabas. Analyser av tankmjölk vid tankmjölkshämtning i anslutning till provmjölkningstillfällena användes för att undersöka samband mellan tankmjölkskvalitet och förekomst av cellsönderfall. Dessa uppgifter användes för analyser av förekomsten av cellsönderfall på besättningsnivå samt för att undersöka eventuella samband mellan cellsönderfall och olika besättningsfaktorer.

Det andra datasetet bestod av individdata från provmjölkkningsprover och kopplades samman med provmjölkknings-, härstamnings- och kalvningsdata från Växas kodatabas. På grund av den stora datamängden begränsades analyserna på individnivå till observationer från år 2025, vilket omfattade totalt 1 391 778 observationer. Individdata användes för att undersöka samband mellan cellsönderfall och kofaktorer.

### 3.2 Statistisk analys

Alla statistiska analyser genomfördes i Stata version 17 (StataCorp LLC, USA). Deskriptiva sammanställningar gjordes på besättnings- och individnivå där kategoriska variabler presenterades som antal och andelar (%) med hjälp av kommandot "tab", medan kontinuerliga variabler sammanfattades med median, interkvartilavstånd (IQR), medelvärde och standardavvikelse (SD) med hjälp av kommandot "sum".

Deskriptiva sammanställningar av förekomst av cellsönderfall på provnivå (enskilda provmjölkkningsprover), provmjölkningstillfällesnivå (provmjölkningstillfällen med minst ett prov med cellsönderfall) och tankmjölksanalysnivå på besättningsdata utfördes. Förekomst av cellsönderfall sammanställdes även per år och månad samt i relation till mjölkningssystem, produktionsform, län och tankmjölksanalysresultat (celltal, fettprocent, proteinprocent, urea och bakterietal). Resultaten från tankmjölksanalyserna parades ihop med närmsta provmjölkkningsdatum (med cellsönderfallsresultat) för att undersöka skillnader i celltal, fettprocent, proteinprocent, urea och bakterietal mellan provmjölkningstillfällen med och utan cellsönderfall.

Deskriptiva sammanställningar av individdata gjordes för ras, laktationsnummer, dagar i mjölk/dagar från kalvning till provmjölkning, mjölkproduktion, fettprocent, proteinprocent, BHB och urea i relation till förekomst av cellsönderfall. Eftersom flera kontinuerliga variabler uppvisade icke normalfördelade data användes median och interkvartilavstånd som huvudsakliga deskriptiva mått. Urea kategoriserades i grupper ( $<3$ ,  $3,1-5,9$  och  $\geq 6$ ) för att minska påverkan av extremvärden och underlätta tolkningen av resultaten. Celltal inkluderades inte i den deskriptiva analysen på individnivå eftersom värden saknades för majoriteten av observationerna med cellsönderfall.

För att undersöka samband mellan cellsönderfall och olika faktorer kopplade till ko, besättning och tankmjölk genomfördes tre separata multivariabla blandade logistiska regressionsanalyser. Metoden användes eftersom flera variabler kunde analyseras samtidigt och eftersom observationer inom samma besättning kan vara beroende av varandra. I analysen på besättningsnivå var förekomsten av cellsönderfall (nej/ja) vid provmjölkningstillfället den beroende variabeln, och år, månad, mjölkningssystem (AMS, mjölkgrup, karusell eller uppbundet), produktionsform (ekologisk eller konventionell), län och medelkoantal ( $<60$ ,  $60-119$ ,  $120-239$  eller  $>239$  kor) inkluderades som förklarande variabler.

Vid analysen av samband mellan cellsönderfall (nej/ja) vid provmjölkningstillfällen vid tankmjölkshämtning och olika faktorer, inkluderades fettprocent, proteinprocent, år, månad, län, mjölkningssystem (AMS, mjölkgrup, karusell eller uppbundet) och bakterietal som förklarande variabler. Bakterietalet transformerades som  $\ln(\text{bakterietal} - 2,712757)$  med hjälp av Stata-kommandot "lnskew0" för att minska skevheten i fördelningen.

För att undersöka vilka faktorer som hade samband med cellsönderfall (nej/ja) vid provmjölkningstillfällen på individnivå inkluderades månad, län, ras (SRB, Holstein, SKB, Jersey, Holstein  $\times$  SRB  $\times$  SRB, Holstein  $\times$  RB, RB, Holstein/SRB  $\times$  MON samt övriga raser), laktationsnummer (1, 2, 3, 4 eller  $\geq 5$ ), dagar i mjölk (0–29, 30–89, 90–179, 180–304 eller  $>304$  dagar), mjölkproduktion (kg vid provmjölkningstillfället), fettprocent (vid provmjölkningstillfället), proteinprocent (vid provmjölkningstillfället), BHB (vid provmjölkningstillfället; logaritmerad), urea (vid provmjölkningstillfället;  $<3$ ,  $3,1-5,9$  eller  $\geq 6$  mmol/l), produktionsform (ekologisk eller konventionell), medelkoantal ( $<60$ ,  $60-119$ ,  $120-239$  eller  $>239$  kor) och mjölkningssystem (AMS, mjölkgrup, karusell eller uppbundet) som förklarande variabler.

För att ta hänsyn till att observationer inom samma besättning inte är oberoende inkluderades besättning som slumpmässig effekt i modellerna. I individmodellen inkluderades även individ som slumpmässig effekt.

Innan regressionsanalysen undersöktes först om det fanns någon kolinjäritet mellan de förklarade variablerna genom parvisa jämförelser med hjälp av Spearman rank korrelation (kommandot "spearman"). En korrelation under 0,70 bedömdes som godtagbar. Därefter genomfördes en stegvis bakåt-regression där alla förklarade variabler inkluderades i modellen

och sedan stegvis togs bort baserat på  $p$ -värde. Vid varje modellkörning togs den variabel med högst  $p$ -värde bort. När alla kvarvarande variabler var signifikanta, testades de variabler som tagits bort igen och behölls om de var signifikanta. Biologisk relevanta interaktioner undersöktes mellan de kvarvarande variablerna. Resultat med  $p < 0,05$  betraktades som statistiskt signifikanta. Fullständiga resultat från de slutliga regressionsanalyserna presenterades i bilagor.

Möjligheterna till modellvalidering är begränsade för blandade regressionsmodeller, men en residualanalys genomfördes där de standardiserade residualerna granskades visuellt i en normal sannolikhetsgraf (normal Q-Q plot; kommandot "qnorm"). Dessutom skapades ett spridningsdiagram där den linjära prediktionen för modellens fixa del ritades ut tillsammans med de standardiserade residualerna (kommando "scatter").

I detta arbete användes AI som stöd vid formulering och språklig bearbetning av text samt vid tolkning av statistiska resultat.

## 4. Resultat

### 4.1 Generellt

Andelen provmjölkkningsprover med cellsönderfall var låg och understeg en procent under perioden 2022–2025 (tabell 1). Däremot förekom cellsönderfall vid 8–15 % av provmjölkningstillfällena per år. Förekomsten ökade successivt från 2022 till 2024 och minskade därefter något under 2025.

*Tabell 1. Översikt över antal provmjölkkningsprover och provmjölkningstillfällen samt förekomst av cellsönderfall, uttryckt som antal och andel (%), under åren 2022–2025*

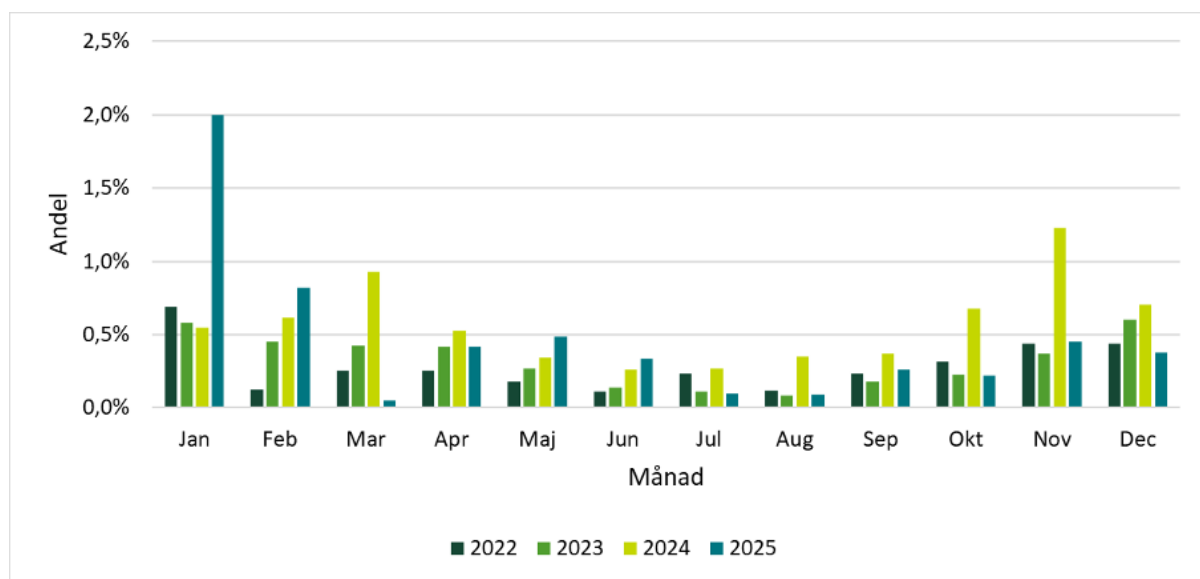
|                                                               | 2022             | 2023             | 2024             | 2025             |
|---------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Totalt antal provmjölkkningsprover                            | 2 327 464        | 1 989 601        | 1 932 934        | 1 965 111        |
| Antal provmjölkkningsprover med cellsönderfall (andel (%))    | 4 680<br>(0,2 %) | 5 139<br>(0,3 %) | 8 585<br>(0,4 %) | 7 021<br>(0,4 %) |
| Totalt antal provmjölkningstillfällen                         | 21 198           | 18 049           | 17 037           | 16 514           |
| Antal provmjölkningstillfällen med cellsönderfall (andel (%)) | 1 596<br>(8 %)   | 1 841<br>(10 %)  | 2 483<br>(15 %)  | 2 024<br>(12 %)  |

#### 4.1.1 Säsongsvariationer

Figur 2 visar säsongsvariation i andelen prov med cellsönderfall under året för perioden 2022–2025. En viss variation över året kan observeras, där andelen prover med cellsönderfall generellt tenderar att vara lägre under sommarmånaderna och något högre under höst och vinter.

Det finns dock variation mellan enskilda år, där vissa månader avviker från det övergripande mönstret. Exempelvis ses en tydlig topp i början av 2025, vilket indikerar att årsvisa variationer kan förekomma. Trots detta framträder ett generellt mönster med lägre förekomst under sommaren och högre under höst- och vintermånaderna.

Sammanfattningsvis tyder resultaten på en viss säsongsvariation i förekomsten av cellsönderfall på provnivå, men variationen är inte helt konsekvent mellan åren.



Figur 2. Andel provmjölkningstest med cellsönderfall (%) per månad under åren 2022–2025

#### 4.1.2 Provmjölkningstillfälle

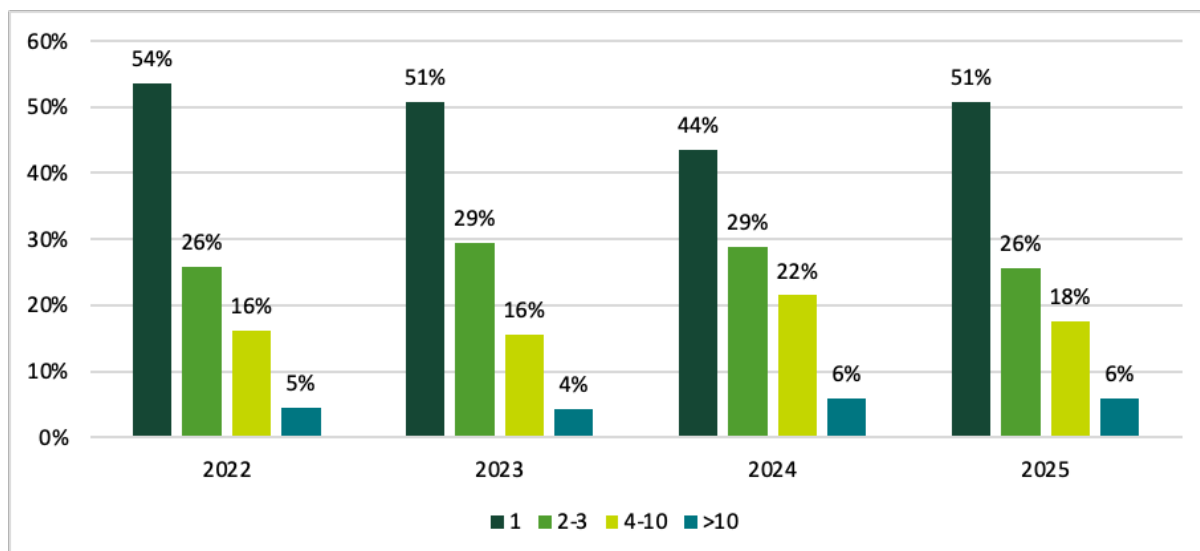
Ett provmjölkningstillfälle definieras som det tillfälle då en besättning provmjölkar. Enligt tabell 1 ovan hade 8–15% av alla provmjölkningstillfällen minst ett prov med cellsönderfall. För de provmjölkningstillfällen där cellsönderfall förekom undersöktes hur många prov som var påverkade. Figur 3 visar fördelningen av antal prover med cellsönderfall per provmjölkningstillfälle där cellsönderfall förekommer. De flesta provmjölkningstillfällen har ett lågt antal prover med cellsönderfall. Ungefär hälften (44–54%) av tillfällena har endast ett prov och ytterligare cirka 26–29 procent har två till tre prover.

Tillfällen med fyra till tio prover är mindre vanliga (cirka 16–22 %), medan tillfällen med fler än tio prover är ovanliga och utgör omkring 4–6 procent.

Över tid ses en viss variation i fördelningen. Andelen tillfällen med endast ett prov minskar något fram till 2024 för att därefter öka igen 2025. Samtidigt är andelen tillfällen med fyra eller fler prover något högre under de senare åren jämfört med början av perioden, vilket kan tyda på en svag ökning av mer omfattande förekomst.

Sammanfattningsvis visar figuren att cellsönderfall oftast förekommer i låg omfattning vid enskilda provmjölkningstillfällen, men att det finns enstaka tillfällen med högre antal prover, även om dessa är relativt ovanliga.





Figur 3. Fördelning av provmjölkningstillfällen med cellsönderfall efter antal prover med cellsönderfall per tillfälle under 2022–2025

## 4.2 Besättningsspecifikt

### 4.2.1 Besättningsdata

Andelen besättningar med minst ett provmjölkningstillfälle med minst ett prov med cellsönderfall ökade från 41 procent år 2022 till 51 procent år 2023, vilket motsvarar en ökning med 10 procentenheter. Ökningen fortsatte mellan 2023 och 2024 då andelen steg till 60 procent, motsvarande ytterligare cirka 9 procentenheter. Mellan 2024 och 2025 sågs däremot en mindre minskning till 59 procent. Trots denna nedgång låg andelen kvar på en betydligt högre nivå jämfört med början av studieperioden (tabell 2).

Sammantaget visar resultaten en tydlig ökning i andelen besättningar med förekomst av cellsönderfall under perioden 2022–2024, följt av en mindre minskning under 2025.

Tabell 2. Antal provmjölkande besättningar och andel (%) med minst ett fall av cellsönderfall, 2022–2025

|                                                        | 2022          | 2023          | 2024            | 2025          |
|--------------------------------------------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
| Totalt antal provmjölkande besättningar                | 2 084         | 1 774         | 1 698           | 1 630         |
| Antal besättningar med minst ett cellsönderfall per år | 847<br>(41 %) | 900<br>(51 %) | 1 024<br>(60 %) | 966<br>(59 %) |

### 4.2.2 Mjölkningssystem

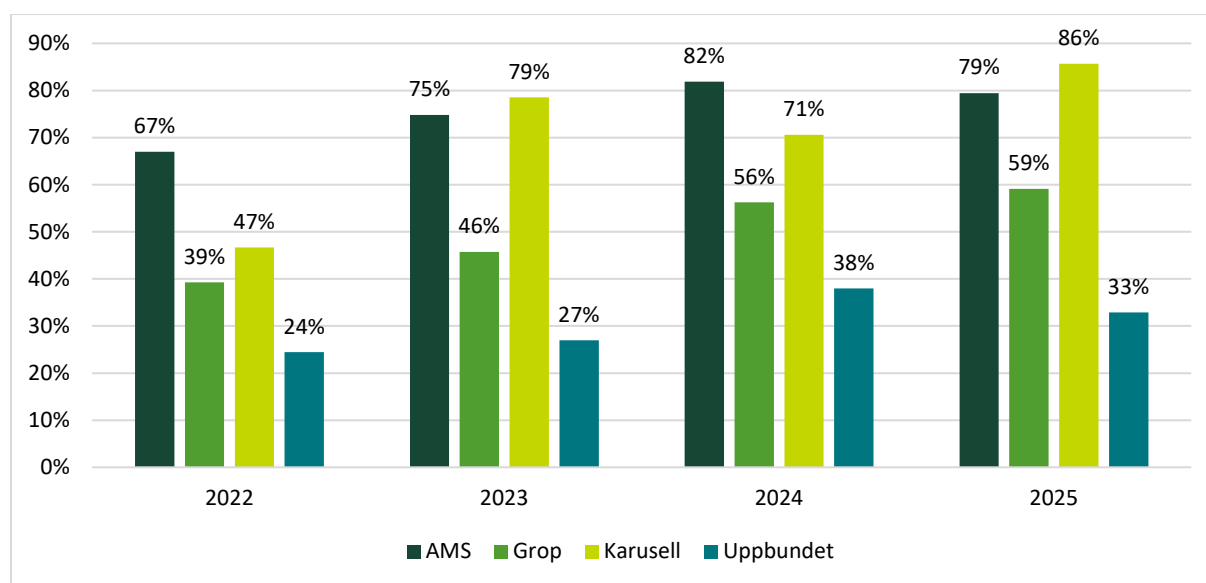
Majoriteten av besättningarna hade lösdriфтssystem (AMS, grop eller karusell), vilket ökade från cirka 65 % år 2022 till cirka 69 % år 2025. AMS var det vanligaste mjölkningssystemet och ökade något över tid (från cirka 46 till cirka 49 %), medan andelen med grop låg relativt stabilt kring 18–19 % och karusell var ovanligt (cirka 1 %). Uppbundna system minskade över tid från cirka 35 % till 31 %.

Tabell 3 och figur 4 visar hur förekomsten av cellsönderfall skiljer sig mellan olika mjölkningssystem åren 2022–2025. Andelen gårdar med minst ett prov med cellsönderfall är högst hos de som har AMS eller karusell som mjölkningssystem där mellan 67 och 86 procent av gårdarna någon gång under ett undersökt år har haft minst ett prov med cellsönderfall. Andelsmässigt är karusell det system där störst andel gårdar drabbas, även om det är få gårdar totalt. Av gårdarna med mjölkgrup är det mellan 39 och 59 procent som har haft minst ett prov med cellsönderfall under ett år, medan endast 24 till 38 procent av gårdar med uppbunden mjölkning har haft prover med cellsönderfall.

Andelen gårdar med minst ett prov med cellsönderfall under ett år ökar över tid i samtliga mjölkningssystem, med en tydlig uppgång mellan 2022 och 2024. År 2025 planar det ut något, men nivåerna förblir höga.

Tabell 3. Förekomst av cellsönderfall per mjölkningssystem och år

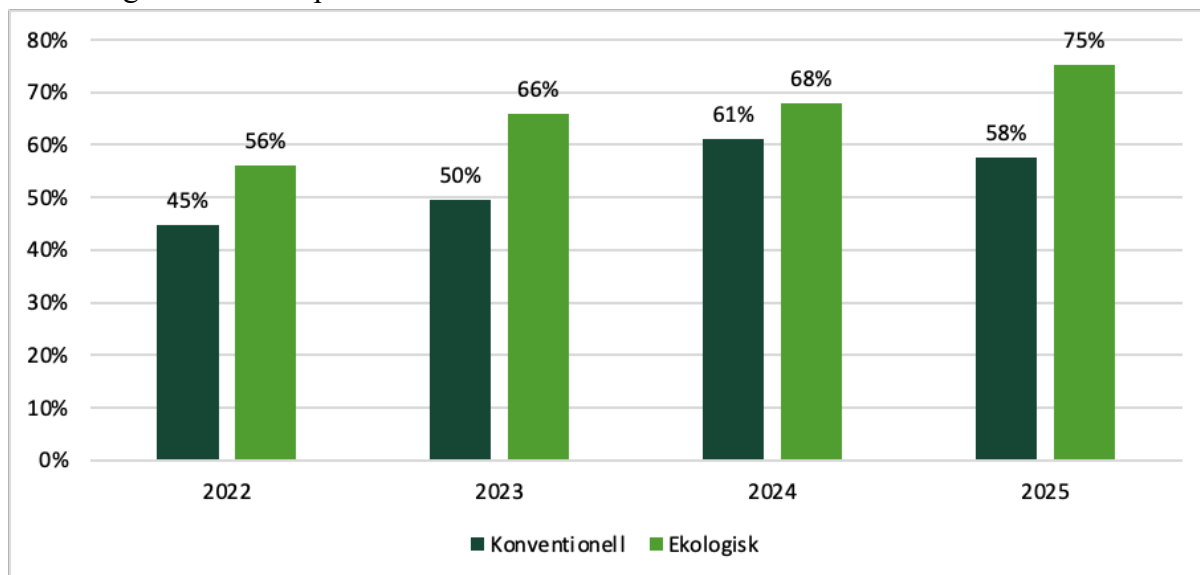
| Mjölkningssystem         | 2022 |      | 2023 |      | 2024 |      | 2025 |       |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|                          | Nej  | Ja   | Nej  | Ja   | Nej  | Ja   | Nej  | Ja    |
| <b>AMS</b> , antal       | 259  | 525  | 193  | 573  | 137  | 618  | 153  | 592   |
| Procent                  | 33,0 | 67,0 | 25,2 | 74,8 | 18,1 | 81,9 | 20,5 | 79,5  |
| <b>Grop</b> , antal      | 187  | 121  | 165  | 139  | 130  | 167  | 119  | 172   |
| Procent                  | 60,7 | 39,3 | 54,3 | 45,7 | 43,8 | 56,2 | 40,9 | 59,11 |
| <b>Karusell</b> , antal  | 8    | 7    | 3    | 11   | 5    | 12   | 2    | 12    |
| Procent                  | 53,3 | 46,7 | 21,4 | 78,6 | 29,4 | 70,6 | 14,3 | 85,7  |
| <b>Uppbundet</b> , antal | 456  | 147  | 417  | 154  | 322  | 197  | 321  | 157   |
| Procent                  | 75,6 | 24,4 | 73,0 | 27,0 | 62,0 | 38,0 | 67,1 | 32,9  |



Figur 4. Andel besättningar som har haft minst ett prov med cellsönderfall under respektive år och fördelat per mjölkningssystem

### 4.2.3 Produktionsform

Andelen besättningar med ekologisk drift var stabil under den undersökta tidsperioden och låg på cirka 17 % varje år. Under perioden 2022–2025 var andelen ekologiska besättningar med minst ett provmjölkningstillfälle med cellsönderfall genomgående högre än motsvarande andel i konventionella besättningar (figur 5), vilket visar att cellsönderfall var vanligare i ekologiska besättningar under hela perioden.



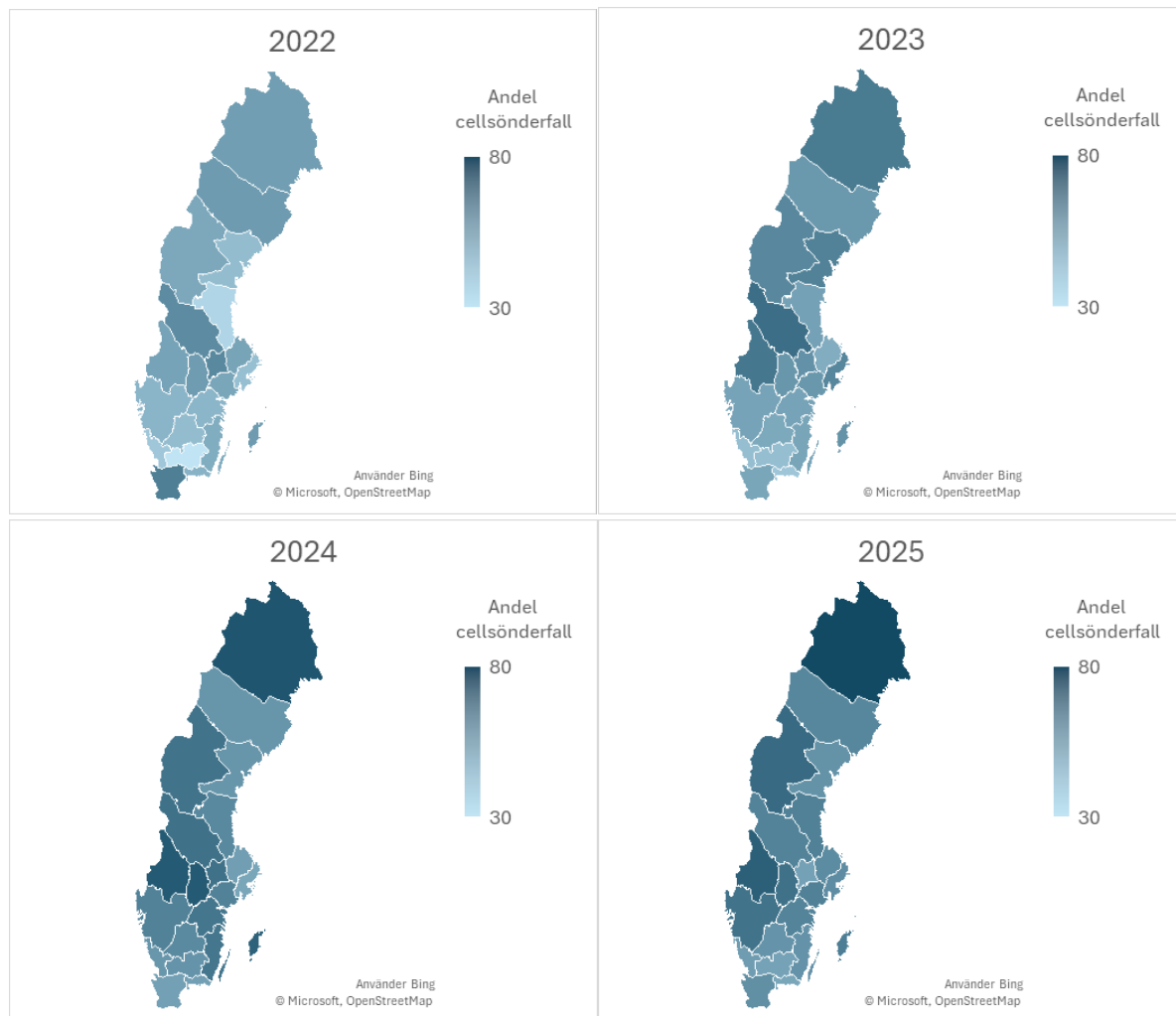
Figur 5. Andel besättningar med minst ett provmjölkningstillfälle med minst ett cellsönderfall, med en viss produktionsform, 2022–2025

### 4.2.4 Län

För att undersöka hur förekomsten av cellsönderfall varierar geografiskt har data sammanställts per län. Figur 6 visar den variationen i andelen besättningar med cellsönderfall (%) per län i Sverige under perioden 2022–2025. Resultaten visar att förekomsten av cellsönderfall varierar mellan olika delar av landet, där vissa län konsekvent uppvisar högre andelar än andra.

Generellt ses högre andelar i norra och delar av mellersta Sverige, medan flera län i södra Sverige uppvisar lägre andelar. Den geografiska variationen kvarstår över tid, även om den totala andelen prover med cellsönderfall ökar fram till 2024 och därefter ligger kvar på en relativt hög nivå under 2025.

Sammantaget visar figuren att cellsönderfall inte är jämnt fördelat mellan länen, utan att det finns tydliga regionala skillnader i förekomst under hela studieperioden.



Figur 6. Geografisk fördelning av andelen besättningar med cellsönderfall (%) per län i Sverige under 2022–2025

#### 4.2.5 Tankmjölksdata

Tankmjölksdatan bestod av 16 399 observationer från 921 besättningar. Totalt var det 28,4 procent av provmjölkningstillfällena i anslutning till tankmjölkshämtning som uppvisade cellsönderfall.

Skillnader sågs i tankmjölkens sammansättning mellan grupperna (tabell 4). Tankmjölksprover tagna i anslutning till provmjölkningar med cellsönderfall uppvisade generellt högre värden för bakterietal jämfört med tankmjölksprover tagna vid provmjölkningar utan cellsönderfall. Däremot sågs endast små skillnader i celltal, fett-, protein- och ureahalt mellan grupperna.

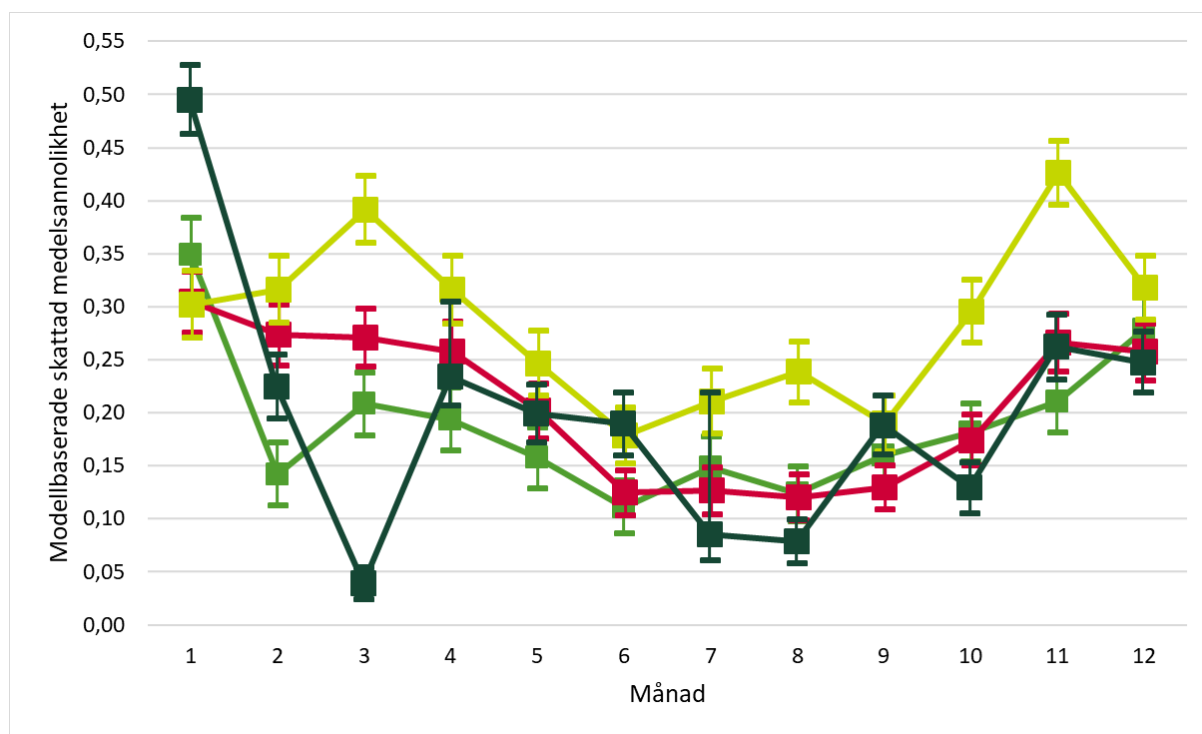
Tabell 4. Kontinuerliga variabler i tankmjölksprover presenterade som median (IQR) och medelvärde (SD) uppdelat efter förekomst av cellsönderfall

|                                | <b>Inget cellsönderfall</b><br>(n= 11 742) |                   | <b>Cellsönderfall</b><br>(n=4 657) |                   |
|--------------------------------|--------------------------------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|
| <b>Variabel</b>                | <b>Median (IQR)</b>                        | <b>Medel (SD)</b> | <b>Median (IQR)</b>                | <b>Medel (SD)</b> |
| Celltal, *1 000 celler/ml      | 187 (143–241)                              | 199 (83)          | 185 (143–237)                      | 198 (81)          |
| Fett (%)                       | 4,4 (4,2–4,6)                              | 4,4 (0,3)         | 4,4 (4,2–4,6)                      | 4,4 (0,3)         |
| Protein (%)                    | 3,6 (3,5–3,7)                              | 3,6 (0,2)         | 3,6 (3,5–3,7)                      | 3,6 (0,2)         |
| Urea, mmol/l                   | 4,1 (3,5–4,6)                              | 4,1 (0,8)         | 4,1 (3,5–4,6)                      | 4,0 (0,8)         |
| Bakterietal (log) <sup>1</sup> | 1,8 (1,2–2,5)                              | 1,9 (1,1)         | 2,0 (1,5–2,6)                      | 2,0 (1,1)         |

<sup>1</sup>ln(antal kolonibildande enheter-2,712757)

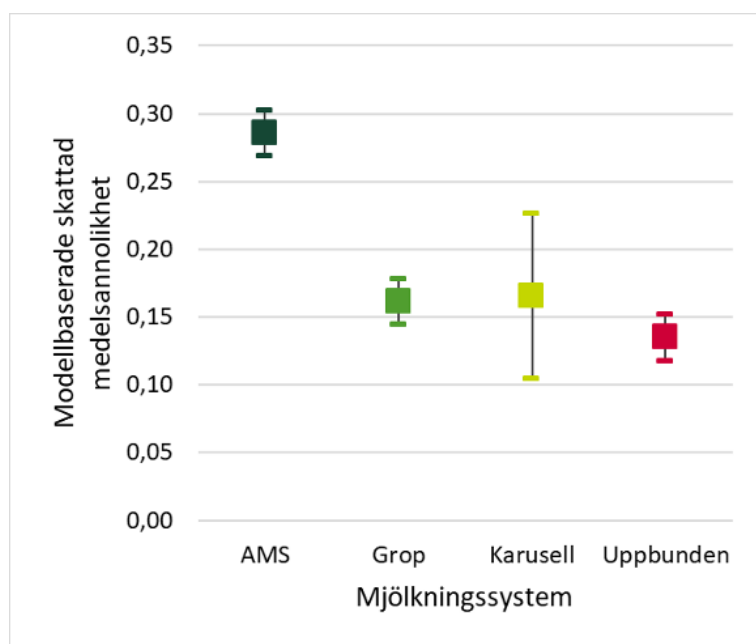
#### 4.2.6 Samband mellan cellsönderfall och besättningsfaktorer

Regressionsanalysen visade en statistiskt signifikant interaktion mellan år och månad, vilket indikerar att säsongsmönstret för cellsönderfall varierade mellan åren. Under 2022 var sannolikheten för cellsönderfall högst i januari jämfört med övriga månader under året. Under 2023 var sannolikheten för cellsönderfall högre i januari jämfört med april till oktober samt december. Under 2024 observerades högre sannolikhet för cellsönderfall i mars och november jämfört med samtliga övriga månader under året. Under 2025 var sannolikheten för cellsönderfall högst i januari jämfört med alla andra månader under året. Januari 2025 uppvisade dessutom högre sannolikhet för cellsönderfall jämfört med januari under åren 2022–2024. Figur 7 illustrerar de modellbaserade skattade sannolikheterna för cellsönderfall per månad under åren 2022–2025.



Figur 7. Modellbaserad skattad medelsannolikhet (med 95% konfidensintervall) för cellsönderfall per månad under åren 2022 (ljusgrön), 2023 (röd), 2024 (gulgrön) och 2025 (mörkgrön)

Vidare visade regressionsanalysen att mjölkningssystem hade ett tydligt och statistiskt signifikant samband med förekomsten av cellsönderfall på besättningsnivå (figur 8). Jämfört med AMS var sannolikheten för cellsönderfall signifikant lägre i besättningar med mjölkgrup, karusell eller uppbundet system. Uppbundna system uppvisade den lägsta sannolikheten för cellsönderfall och skilde sig signifikant från både AMS, grop och karusell, medan ingen statistiskt signifikant skillnad observerades mellan grop och karusell ( $p = 0,11$ ).

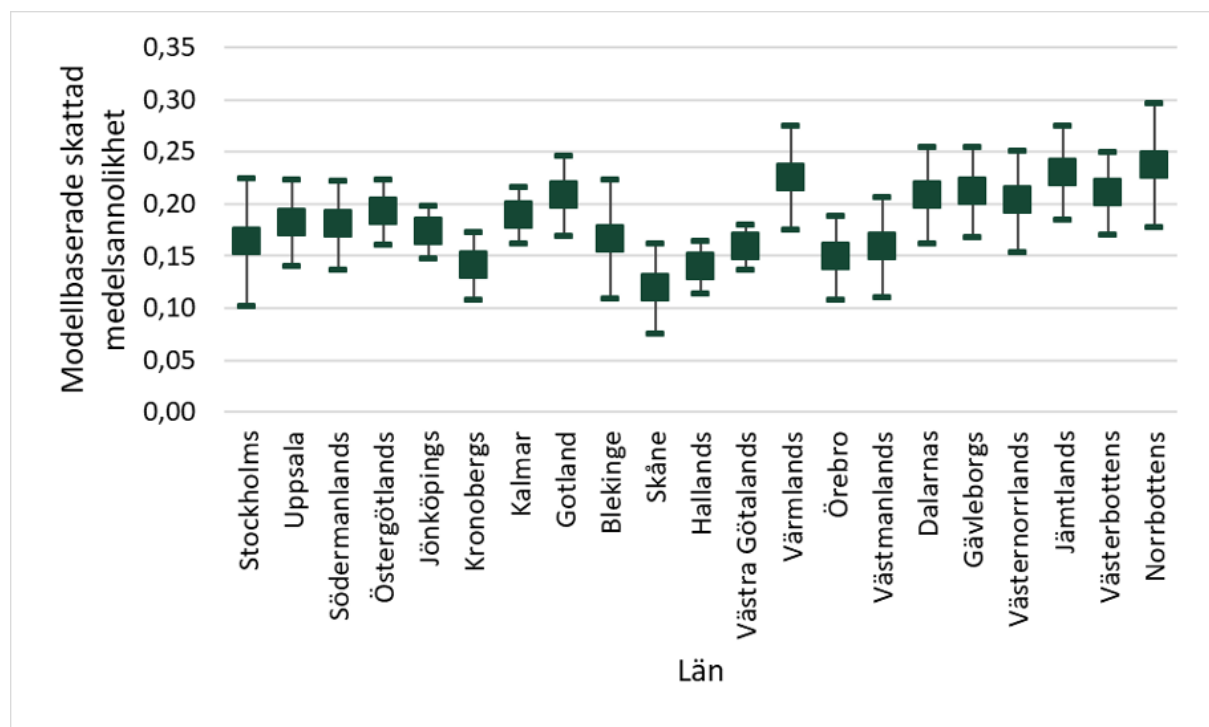


Figur 8. Modellbaserad skattad medelsannolikhet (med 95% konfidensintervall) för cellsönderfall i olika mjölkningssystem på besättningsnivå

Produktionsform, konventionell eller ekologisk hade också ett statistiskt signifikant samband med cellsönderfall på besättningsnivå, där sannolikheten för cellsönderfall var högre i ekologiska jämfört med konventionella besättningar.

Även medelkoantal hade ett statistiskt signifikant samband med cellsönderfall, där större besättningar hade en högre sannolikhet för cellsönderfall jämfört med mindre besättningar. Sannolikheten ökade successivt med ökande besättningsstorlek (<60, 60–119, 120–239 och >239 kor) och alla nivåer skiljde sig signifikant mot varandra.

Län hade ett statistiskt signifikant samband med cellsönderfall. Exempelvis hade alla län lägre sannolikhet för cellsönderfall jämfört med Norrbottens län, och för tio av länen var denna sannolikhet statistiskt signifikant lägre (figur 9). Det fanns flera län som skiljde sig signifikant mot varandra. Detta visar att det finns geografiska skillnader i förekomsten av cellsönderfall.



Figur 9. Modellbaserade skattade medelsannolikheter för förekomst av cellsönderfall på besättningsnivå fördelat per län

Sammanfattningsvis visar analysen att mjölkningssystem hade ett tydligt samband med förekomsten av cellsönderfall, där särskilt besättningar med AMS var associerat med en högre sannolikhet. Även år, län, säsong och produktionsform hade signifikanta effekter. Kompletta resultat från den besättningsbaserade multivariabla blandade logistiska regressionsanalysen återfinns i Bilaga 1.

#### 4.2.7 Samband mellan cellsönderfall och tankmjölksdata

Regressionsanalysen av tankmjölksdata visade att flera variabler hade statistiskt signifikanta samband med förekomsten av cellsönderfall (bilaga 2). Högre bakterietal i tankmjölk var

associerat med en ökad sannolikhet för cellsönderfall vid provmjölkningstillfället i anslutning till tankmjölkshämtningen. Även högre fettprocent i tankmjölk var positivt associerat med cellsönderfall, medan högre proteinprocent i tankmjölk var associerat med en lägre sannolikhet för cellsönderfall.

Interaktionen mellan år och månad visade att förekomsten av cellsönderfall varierade mellan olika månader och år. Jämfört med januari 2023 var det lägre sannolikhet för cellsönderfall i juni till oktober samma år. Under 2024 var det framför allt december som skiljde sig signifikant, med lägre sannolikhet för cellsönderfall, jämfört med mars och juni–november 2024. Januari 2025 hade signifikant högre sannolikhet för cellsönderfall jämfört med alla månader 2025 förutom juni och september. Vid jämförelse mellan åren observerades exempelvis en signifikant högre sannolikhet för cellsönderfall i januari 2025 jämfört med januari 2023 och 2024, medan ingen signifikant skillnad sågs mellan 2023 och 2024.

Det var också ett signifikant samband mellan cellsönderfall och län. Jämfört med besättningar i Örebro län, som hade lägst sannolikhet, visade besättningar från alla andra län, förutom Kronobergs, Stockholms och Uppsala län, en högre sannolikhet för att en provmjölkning skulle ha prover med cellsönderfall.

Mjölkningsystem hade också ett statistiskt signifikant samband med cellsönderfall. Jämfört med besättningar med AMS hade besättningar med grop och uppbundet system en lägre sannolikhet för cellsönderfall, medan ingen signifikant skillnad observerades mellan AMS och karusell. I besättningar med mjölkgrop var sannolikheten signifikant högre jämfört med besättningar med uppbundet system.

### 4.3 Individdata

Individdata omfattade totalt 1 391 778 observationer från 1 186 besättningar och 185 772 unika kor.

Resultaten i tabell 5 visar att majoriteten av korna inte har haft några registrerade cellsönderfall. Totalt hade 97 % av korna inga sådana händelser, medan 3 % hade ett registrerat tillfälle. Endast en mycket liten andel av korna hade fler än ett cellsönderfall, där 0,01 % hade två cellsönderfall och endast två kor hade tre eller fler.

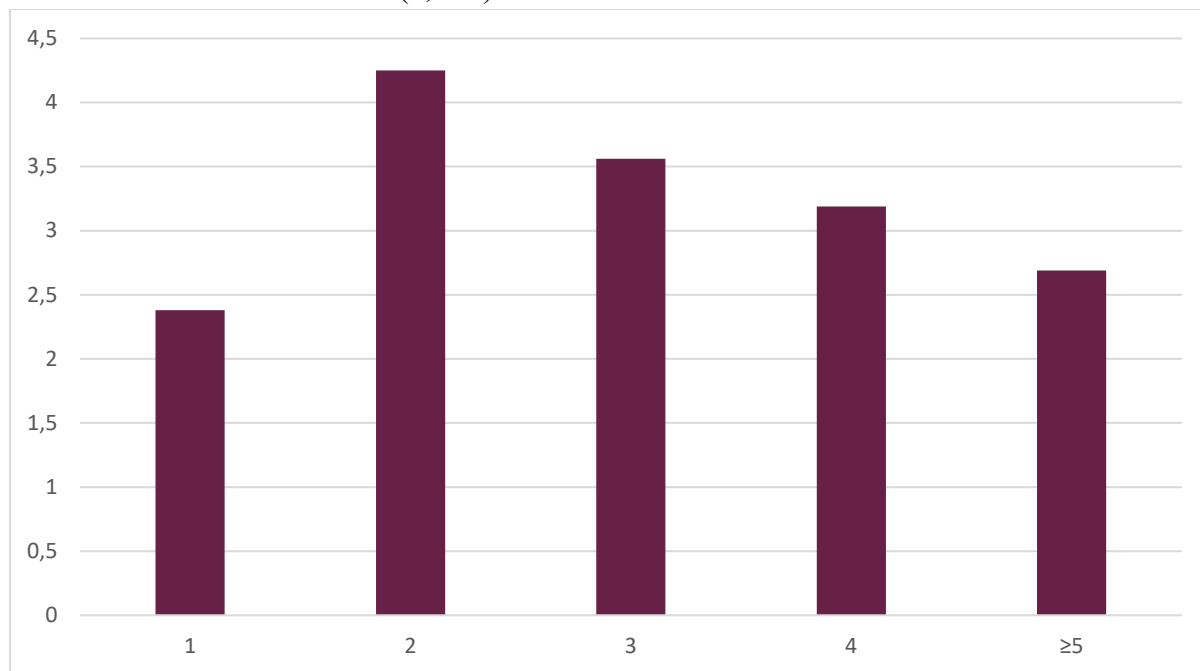
*Tabell 5. Fördelning av antal registrerade cellsönderfall per ko samt tillhörande andel i procent (2025)*

| Antal cellsönderfall | Antal kor      | Andel (%)     |
|----------------------|----------------|---------------|
| 0                    | 180 100        | 96,95         |
| 1                    | 5 657          | 3,05          |
| 2                    | 13             | 0,01          |
| 3                    | 2              | 0,00          |
| <b>Totalt</b>        | <b>185 772</b> | <b>100,00</b> |



### 4.3.1 Laktationsnummer

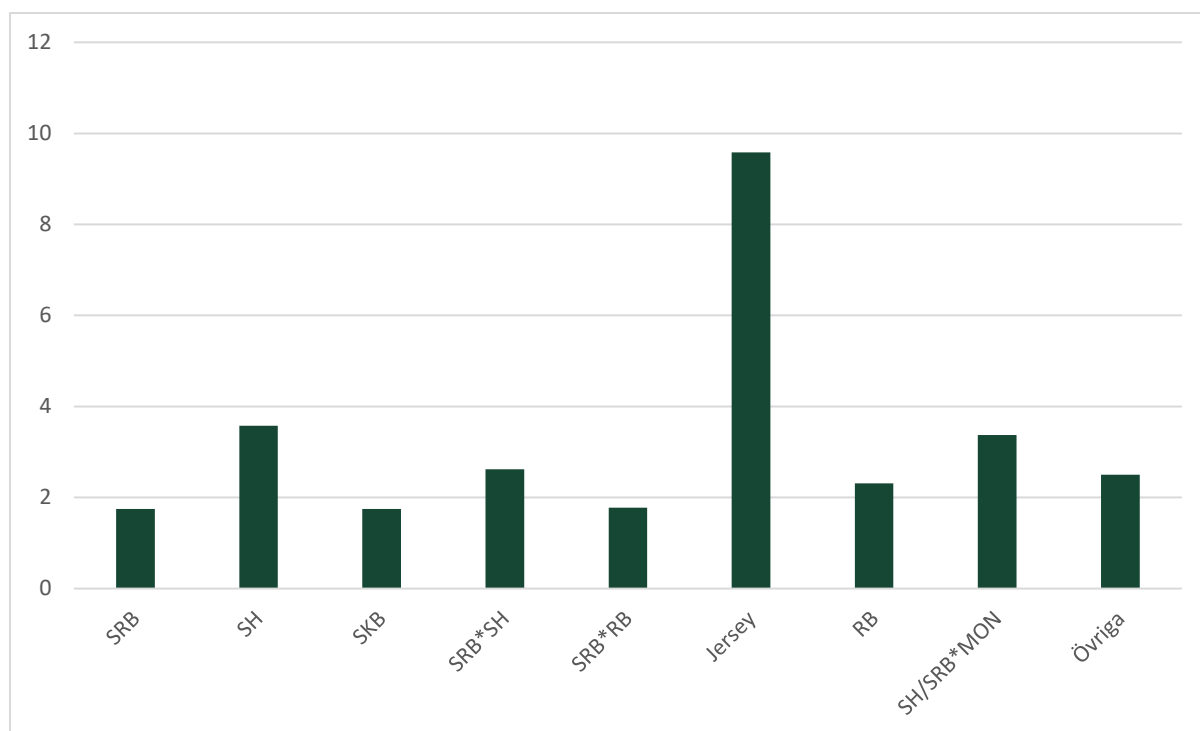
Andelen kor med cellsönderfall skiljde sig mellan olika laktationsnummer (figur 10). Den var högst hos kor i andra laktationen (4,3 %), följt av kor i tredje laktationen (3,6 %). Därefter minskar andelen successivt med ökande laktationsnummer. Förstakalvare hade den lägsta förekomsten av cellsönderfall (2,4 %).



Figur 10. Fördelning av kor med cellsönderfall (%) per laktationsnummer

### 4.3.2 Ras

Förekomsten av cellsönderfall varierade mellan olika raser (figur 11). Jersey hade den högsta andelen kor med cellsönderfall (9,6 %), följt av Holstein (3,6 %) och SH/SRB × MON-korsningar (3,4 %). SRB, SKB och SRB × RB hade de lägsta andelarna, samtliga omkring 1,8 %, medan övriga raser låg mellan 2,3 och 2,6 %.



Figur 11. Andel kor med cellsönderfall (%) uppdelat efter ras

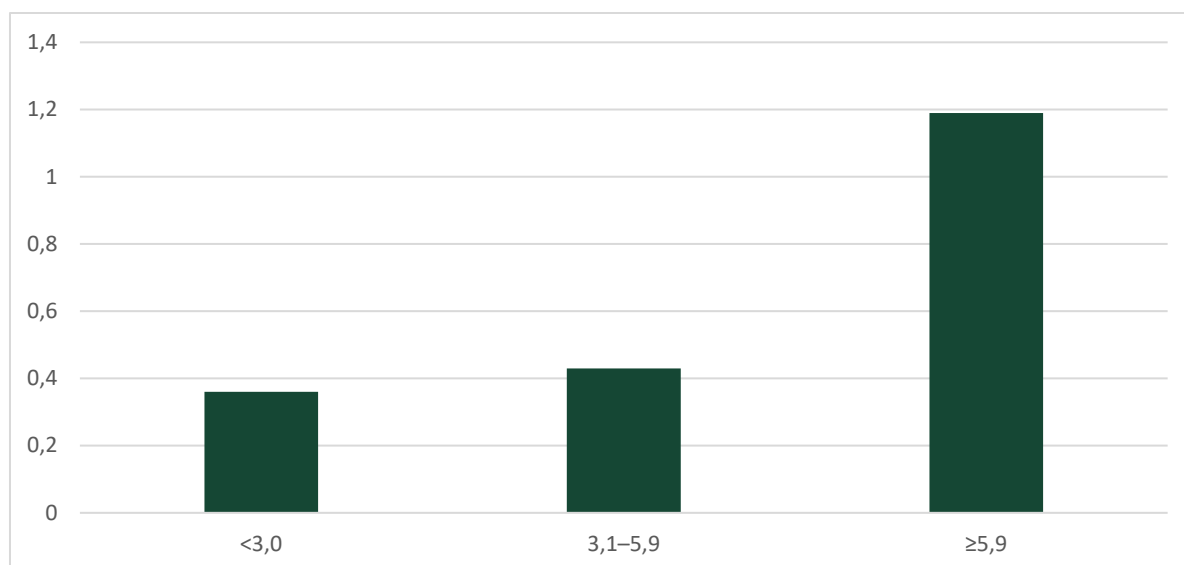
#### 4.3.3 Mjölksammansättning

Mjölksammansättningen skiljde sig till viss del mellan kor med och utan cellsönderfall (tabell 6 & figur 12). Kor med cellsönderfall hade högre BHB-värden jämfört med kor utan cellsönderfall. Även mjölkproduktion och fettprocent var något högre hos kor med cellsönderfall, medan proteinprocenten var relativt likartad mellan grupperna.

För urea observerades skillnader mellan ureaklasserna, där kor med högre ureavärden hade en större andel cellsönderfall. Den högsta andelen cellsönderfall återfanns hos kor med urea >5,9 mmol/l.

Tabell 6. Kontinuerliga variabler för kor med och utan cellsönderfall vid en viss provmjölkning, presenterade som median (IQR) och medelvärde (SD)

| Variabel    | Inget cellsönderfall |             | Cellsönderfall   |             |
|-------------|----------------------|-------------|------------------|-------------|
|             | Median (IQR)         | Medel (SD)  | Median (IQR)     | Medel (SD)  |
| Mjölk (kg)  | 33,3 (26,6–40,7)     | 33,9 (10,5) | 33,5 (25,7–41,9) | 33,8 (11,6) |
| Fett (%)    | 4,4 (3,9–5,0)        | 4,5 (0,9)   | 4,7 (4,2–5,3)    | 4,8 (1,1)   |
| Protein (%) | 3,7 (3,4–4,0)        | 3,7 (0,4)   | 3,7 (3,4–4,0)    | 3,8 (0,6)   |
| BHB, mmol/l | 0,10 (0,07–0,13)     | 0,11 (0,07) | 0,20 (0,14–0,29) | 0,24 (0,16) |



Figur 12. Andel kor med cellsönderfall (%) inom olika ureaklasser

#### 4.3.4 Samband mellan cellsönderfall och individfaktorer

Resultaten från den multivariabla blandade logistiska regressionsanalysen visade att mjölkproduktion, proteinprocent, urea, BHB, laktationsnummer, ras, dagar i mjölk (DIM), mjölkningssystem, län och månad alla hade signifikanta samband med sannolikheten för att ett provmjölkningsprov skulle ha cellsönderfall. Fettprocent, medelkoantal och produktionsform blev inte kvar i slutmodellen då de inte visade något signifikant samband med cellsönderfall.

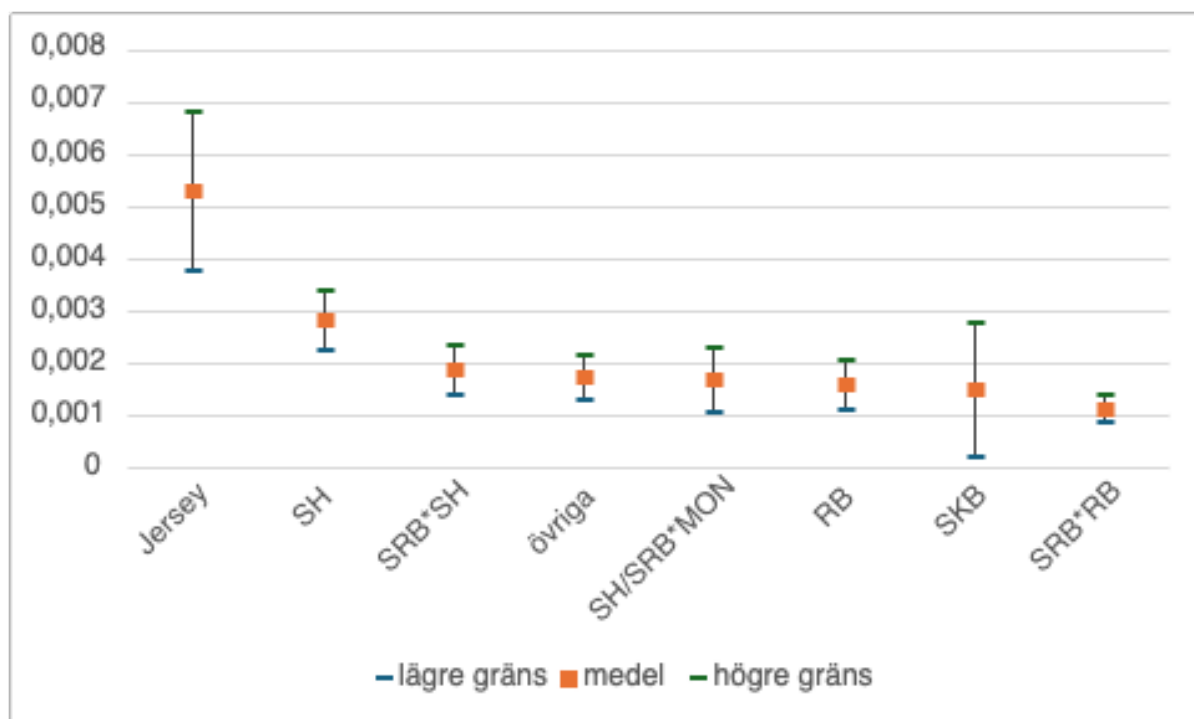
Det starkaste sambandet (högsta oddskvoten) observerades för BHB, där högre BHB-värden var kopplade till ökad sannolikhet för cellsönderfall. Även andelen protein i mjölk var positivt associerad med cellsönderfall, liksom mjölkavkastning, där en svag men signifikant ökning i sannolikhet sågs vid högre produktion.

Även ureahalt hade ett signifikant samband med cellsönderfall, där kor med ureahalt under 3 mmol/l hade en signifikant lägre sannolikhet för cellsönderfall jämfört med kor med en ureahalt på 3–5,9 mmol/l, medan kor med en ureahalt på 6 mmol/l eller mer uppvisade en högre sannolikhet mot kor med ureahalt på mindre än 6 mmol/l.

För laktationsnummer observerades att kor i laktation 3, 4 och  $\geq 5$  hade en lägre sannolikhet för cellsönderfall jämfört med både första- och andrakalvare, medan ingen signifikant skillnad sågs mellan kor i första och andra laktationen. Kor i fjärde laktation eller högre hade också en lägre sannolikhet för cellsönderfall jämfört med kor i tredje laktation. Det var ingen signifikant skillnad i sannolikhet för cellsönderfall för kor i laktation 4 jämfört med kor i laktation  $\geq 5$ .

Ras var också signifikant associerad med cellsönderfall (figur 13). Jämfört med SRB hade samtliga raser en högre sannolikhet för cellsönderfall, men skillnaden var endast signifikant för SH, Jersey, RB, SH/SRB  $\times$  MON, SRB  $\times$  SH och övriga raser. Jersey uppvisade högst sannolikhet, följt av SH. Jersey hade en signifikant högre sannolikhet för cellsönderfall jämfört med de andra raserna och SH låg signifikant högre jämfört med alla utom SKB. SRB  $\times$  SH hade

även signifikant högre sannolikhet jämfört med SRB × RB, och SRB × RB hade signifikant lägre sannolikhet jämfört med RB, SH/SRB × MON och övriga.

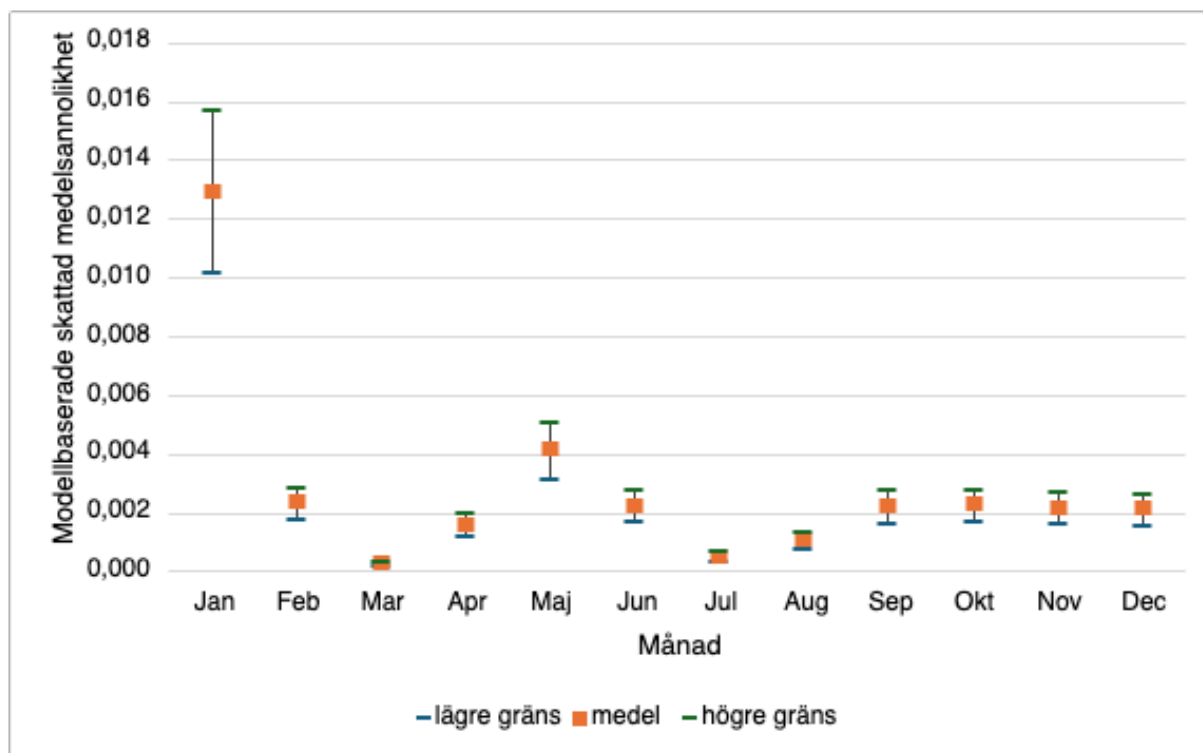


Figur 13. Modellbaserad skattad medelsannolikhet (med 95% konfidensintervall) för cellsönderfall för olika raser 2025

För dagar i mjölk (DIM) sågs att kor i intervallet 30–89 dagar hade högst sannolikhet för cellsönderfall, signifikant högre jämfört med kor i intervallet 0–29 dagar och kor senare i laktationen ( $\geq 180$  dagar). Lägst sannolikhet hade kor i sen laktation ( $\geq 180$  dagar) och sannolikheten var där signifikant lägre än i alla andra perioder.

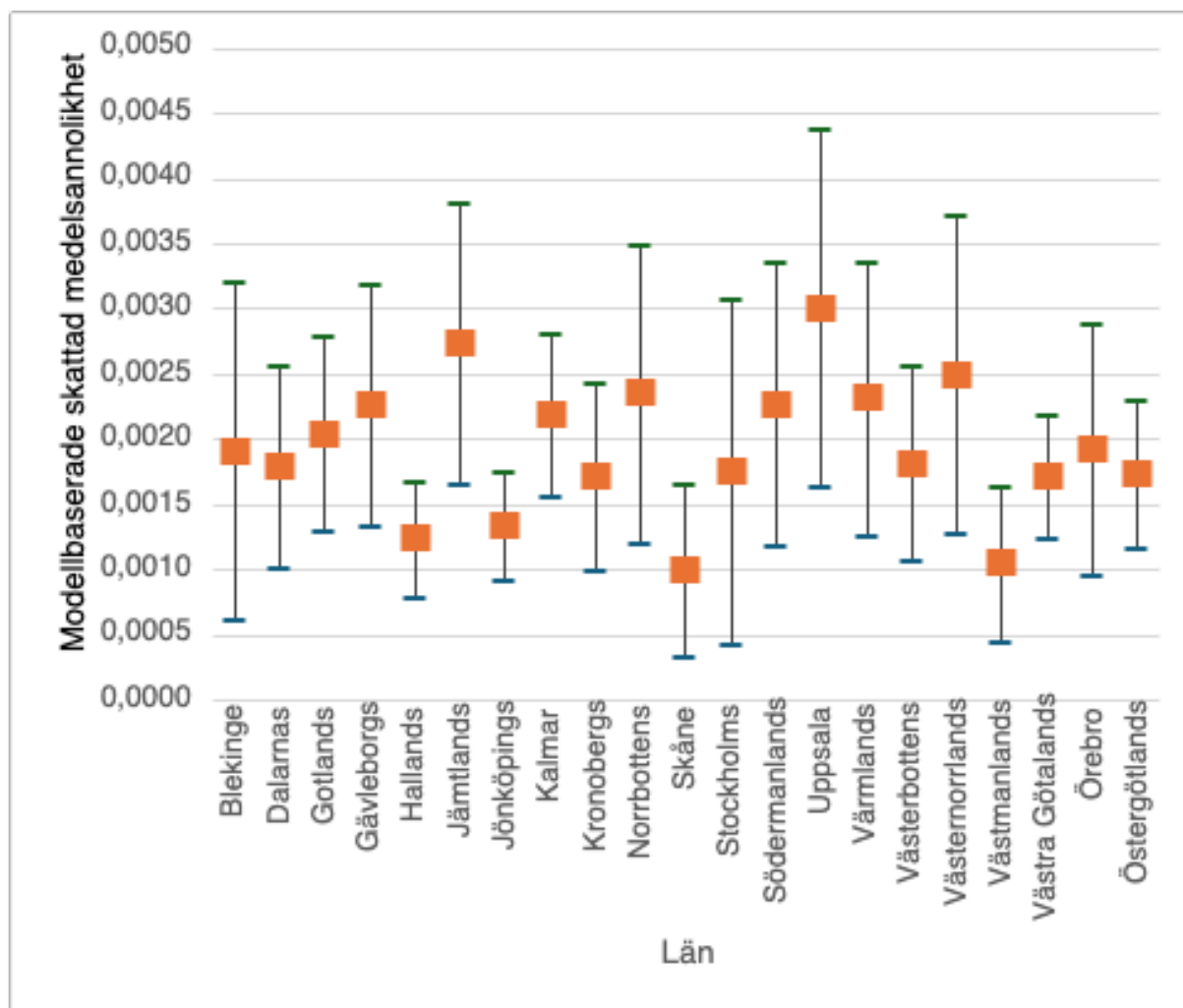
Mjölkningsystem hade också ett signifikant samband med cellsönderfall. Jämfört med AMS hade kor i mjölkgrup och uppbundet system en lägre sannolikhet för cellsönderfall. Inga andra signifikanta skillnader sågs.

En tydlig säsongsvariation observerades dessutom, där samtliga månader hade lägre sannolikhet för cellsönderfall jämfört med januari (figur 14). De lägsta nivåerna sågs under mars och juli, vilka också skilde sig signifikant från övriga månader. Även april och augusti visade lägre sannolikhet för cellsönderfall.



Figur 14. Modellbaserad skattad medelsannolikhet (med 95% konfidensintervall) för cellsönderfall per månad år 2025

Geografiska skillnader i sannolikheten för cellsönderfall observerades mellan länen (figur 15). Skåne, Hallands, Jönköpings, Västmanlands, Västra Götalands, Kronobergs och Östergötlands län hade signifikant lägre sannolikhet för cellsönderfall jämfört med Uppsala län. Skåne län uppvisade dessutom signifikant lägre sannolikhet för cellsönderfall jämfört med flera andra län, däribland Gotland, Gävleborg, Jämtland och Norrbotten. Övriga län skiljde sig signifikant även mot några av de övriga länen.



Figur 15. Modellbaserade skattade medelsannolikheter (med 95% konfidensintervall) för förekomst av cellsönderfall på individnivå fördelat per län år 2025

Samtliga resultat från den individbaserade multivariabla blandade logistiska regressionsanalysen återfinns i Bilaga 3.

## 5. Diskussion

Syftet med studien var att undersöka förekomsten av cellsönderfall i svenska provmjölkkningsprover samt analysera samband med individ- och besättningsfaktorer. Resultaten visar att förekomsten av cellsönderfall var låg på provnivå, men att en relativt stor andel av besättningarna och provmjölkningstillfällena någon gång hade minst ett påverkat prov. Studien identifierade flera statistiskt signifikanta samband mellan förekomsten av cellsönderfall och både besättnings- och individrelaterade faktorer, där särskilt mjölkningssystem, säsong, BHB, ras och laktationsstadie visade tydliga associationer.

Eftersom det saknas tidigare studier som undersökt samband mellan cellsönderfall och dessa faktorer är resultaten svåra att direkt jämföra med tidigare forskning. Fler studier behövs därför för att bekräfta och vidare undersöka de samband som observerades i denna studie.

### 5.1 Förekomst av cellsönderfall på prov- och besättningsnivå

Resultaten visar en tydlig skillnad mellan förekomsten av cellsönderfall på provnivå och besättningsnivå. Andelen påverkade prover var låg (0,3–0,6%), medan en betydligt större andel av besättningarna hade minst ett fall av cellsönderfall under året (upp till cirka 60%). Detta indikerar att fenomenet är relativt vanligt förekommande på besättningsnivå, men oftast förekommer i begränsad omfattning inom varje besättning.

Resultaten skulle kunna tyda på att cellsönderfall i de flesta fall uppstår som ett sporadiskt fenomen, kopplat till enstaka prover snarare än ett kontinuerligt problem inom en besättning. Denna tolkning stärks ytterligare av att majoriteten av provmjölkningstillfällena där cellsönderfall förekom endast hade ett eller fåtal påverkade prover. För de flesta lantbrukare har fenomenet sannolikt mycket liten praktisk betydelse i det dagliga arbetet. Samtidigt kan cellsönderfall vid enstaka tillfällen få praktiska konsekvenser, särskilt när analysresultat inte kan fastställas, eftersom tillförlitliga celltalsvärden är viktiga för uppföljning av juverhälsa och identifiering av kor med avvikande juverhälsa.

Resultaten i denna studie ligger på en jämförbar nivå med tidigare internationella observationer, vilket kan tyda på att problem med otillräcklig separation mellan somatiska celler och bakgrundsbrus inte är unikt för svenska förhållanden. I en studie av Schwarz et al. (2020), där celltal och DSCC analyserades i provmjölkkningsprover från Österrike, Kina, Estland, Tyskland och Spanien med CombiFoss 7 DC från FOSS, var andelen prover med cellsönderfall generellt låg i samtliga länder. Förekomsten varierade dock mellan laboratorierna, där Österrike hade den högsta andelen (0,55 %), följt av Kina (0,46 %) och Tyskland (0,40 %), medan Spanien hade den lägsta förekomsten (0,04 %). För Estland fanns inga tillgängliga data gällande andelen prover med cellsönderfall. I studien undersöktes inga samband mellan fynd av cellsönderfall och andra faktorer.

## 5.2 Möjliga biologiska och säsongrelaterade förklaringar till cellsönderfall

Resultaten visar en viss säsongvariation i förekomsten av cellsönderfall, där lägre nivåer observerades under sommaren och högre nivåer under höst- och vintermånaderna. Detta kan tyda på att yttre faktorer kopplade till miljö, provhantering eller lagringsförhållanden kan påverka förekomsten av cellsönderfall. Tidigare studier har visat att temperatur och lagringstid kan påverka cellräkning vid analys, exempelvis genom att cellkärnor skadas vid frysning eller långvarig kylförvaring (Gonzalo et al. 1993). Även om Gonzalo et al. (1993) främst beskriver en minskning av uppmätt celltal under sådana förhållanden, skulle skador på cellerna eller sönderfall av celler potentiellt även kunna påverka analysens förmåga att skilja somatiska celler från bakgrundspartiklar. Enligt information från FOSS kan lyserade eller sönderfallna celler, oavsett bakomliggande orsak, exempelvis bakteriell påverkan eller annan nedbrytning, registreras som brus i analysen<sup>3</sup>. Temperatur skulle därför kunna vara en bidragande faktor till försämrad separation mellan somatiska celler och övriga partiklar och därmed bidra till felaktiga analysresultat. Det är dock viktigt att belysa att denna studie inte kan fastställa om de observerade säsongvariationerna faktiskt orsakas av temperaturrelaterade effekter eller om andra faktorer som inte inkluderats i våra analyser samvarierar med årstid.

De geografiska skillnaderna som observerades i studien skulle även kunna tyda på att klimat- och miljöfaktorer påverkar förekomsten av cellsönderfall. Generellt var förekomsten av cellsönderfall högre i norra Sverige medan flera sydligare län hade signifikant lägre sannolikhet. Detta skulle potentiellt kunna relateras till skillnader i klimat, längre stallperioder, större temperaturvariationer samt längre transporttider för prover i norra Sverige.

Enligt information från teknisk personal på FOSS bedöms problemet med cellsönderfall till följd av interferens under analysen främst bero på försämrad kvalitet på mjölken eller kontaminering på något sätt. Att cellsönderfall observerades oftare under de kalla månaderna skulle därför potentiellt kunna kopplas till att korna under denna period hålls inomhus i större utsträckning. Då korna står inomhus kan luftkvaliteten och allmänna hygienens försämrats, vilket skulle kunna bidra till ökad risk för bakteriekontaminering av mjölken och därmed försämrad mjölk kvalitet (Quintana et al. 2020). Det är dock oklart om problemet med cellsönderfall faktiskt orsakas av försämrad mjölk kvalitet till följd av exempelvis bakteriell kontaminering eller om det snarare beror på förändringar i mjölkens sammansättning.

Ett resultat som stärker teorin om att hygien kan ha betydelse är att tankmjölksdata visade ett signifikant samband med förekomst av prover med cellsönderfall och ett högre bakterietal i tankmjölk vid provmjölkningstillfället. Samtidigt sågs också en högre sannolikhet för förekomst av prover med cellsönderfall med ökad fettprocent samt lägre sannolikhet med ökad proteinprocent i tankmjölk vid provmjölkningstillfället, vilket tyder på att även mjölkens sammansättning kan ha betydelse.

---

<sup>3</sup> Digitalt möte med FOSS, personlig kommunikation, 24 februari 2026



Den högre förekomsten av cellsönderfall under vintermånaderna skulle potentiellt även kunna relateras till förändringar i utfodring under stallperioden. Under vinterhalvåret utfodras korna huvudsakligen med lagrat grovfoder i stället för bete och dessa fodertyper kan skilja sig åt både näringsmässigt och hygieniskt. Eftersom korna under stallperioden är mer beroende av det lagrade fodrets kvalitet (Spörndly & Kumm, 2010), skulle skillnader i fodrets egenskaper potentiellt kunna påverka mjölkens sammansättning och därmed även förekomsten av cellsönderfall. Det går dock inte att avgöra om de observerade sambanden är direkt kopplade till utfodringen eller om de snarare speglar andra förändringar som sker under stallperioden.

Flera av resultaten på individnivå tyder på att kors metabola status kan vara av betydelse för sannolikheten för cellsönderfall. Ökad sannolikhet för kor med höga BHB-värden, höga ureavärden, kor i perioden då mjölkavkastningen når sin högsta nivå och för kor i andra laktation pekar alla mot att energi- och proteinbalansen är av betydelse.

Kor i tidig laktation (30–89 dagar) uppvisade en högre sannolikhet för cellsönderfall jämfört med kor direkt efter kalvning (0–29 dagar), medan kor i senare laktation ( $\geq 180$  dagar) hade en lägre sannolikhet. Perioden 30–89 dagar efter kalvning sammanfaller med hög mjölkproduktion och en ökad fysiologisk belastning. För att upprätthålla den höga produktionen krävs ett stort energiintag, och kon riskerar att hamna i negativ energibalans, vilket är associerat med förhöjda nivåer av BHB (Toscano et al. 2023). Då det observerades ett starkt samband mellan förhöjda BHB-nivåer och ökad sannolikhet för cellsönderfall i denna studie, skulle det kunna tyda på att den metabola stress som uppstår under tidig laktation är en bidragande faktor till den ökade förekomsten av cellsönderfall.

I den deskriptiva analysen var förekomsten av cellsönderfall högst hos kor i andra laktationen och minskade därefter med ökande laktationsnummer, medan förstakalvare uppvisade den lägsta förekomsten. Regressionsanalysen visade däremot ingen statistisk skillnad mellan första- och andrakalvare, medan kor i tredje laktation eller högre hade en lägre sannolikhet för cellsönderfall jämfört med första- och andrakalvare. En möjlig förklaring till det observerade mönstret skulle kunna vara att kor i de första laktationerna producerar mycket mjölk samtidigt som de ännu inte är fullt utvecklade. Tidigare studier har visat att mjölkproduktionen ökar under de första laktationerna samtidigt som kor anses fullt utvecklade först omkring femte laktationen (Eski & Kurt 2020). Kombinationen av fortsatt tillväxt och högre mjölkproduktion skulle därför kunna innebära en ökad metabol belastning hos första- och andrakalvare jämfört med äldre kor, vilket potentiellt kan bidra till den högre förekomsten av cellsönderfall. Det kan dock inte uteslutas att även andra ålders- eller produktionsrelaterade faktorer bidrar till sambandet.

Sammantaget var ett av de tydligaste resultaten i studien sambandet mellan cellsönderfall och faktorer kopplade till kors metabola status. Samtidigt krävs ytterligare studier för att kunna avgöra vilka biologiska mekanismer som faktiskt ligger bakom sambanden och om förändringar i mjölkens sammansättning direkt påverkar analysens separation mellan somatiska celler och bakgrundspartiklar.

### 5.3 Betydelsen av mjölkningssystem och produktionsform

De multivariabla regressionsanalyserna visade att mjölkningssystem hade ett tydligt samband med förekomsten av cellsönderfall, både i analyserna på besättnings- och individnivå. Provmjolkprover från besättningar med AMS uppvisade genomgående den högsta sannolikheten för cellsönderfall, medan prover från uppbundna system hade den lägsta sannolikheten. Resultaten från den deskriptiva analysen visade dessutom att en stor andel av besättningarna med AMS eller karusell hade minst ett prov med cellsönderfall under respektive år. Besättningar med karusell är ofta större och mer mekaniserade, vilket tillsammans med resultaten för AMS skulle kunna tyda på att mer automatiserade och intensiva mjölkningssystem är associerade med en ökad förekomst av cellsönderfall.

En möjlig förklaring till detta skulle kunna vara skillnader i provhantering mellan olika mjölkningssystem. I automatiserade system, särskilt AMS, sker provtagningen ofta över en längre tidsperiod och proverna samlas vanligtvis i stationära provkoppslådor där omblandningen kan vara begränsad. Eftersom proverna innehåller konserveringsmedel redan vid provtagningen kan begränsad omblandning påverka hur väl mjölken blandas med konserveringsmedlet samt hur fett, celler och andra partiklar fördelas i provet. Interna studier från Eurofins har tidigare visat att omblandning av mjolkprover bör ske inom 24 timmar efter provtagning för att säkerställa god provkvalitet (Eurofins, 2022). Det är därför möjligt att manuella provtagningsrutiner, där proverna hanteras mer aktivt och där omblandning sker vid provmjölkning, bidrar till bättre blandning med konserveringsmedlet, vilket potentiellt kan minska risken för cellsönderfall. Det går dock inte att avgöra i vilken utsträckning skillnader i provhantering faktiskt förklarar de observerade skillnaderna mellan mjölkningssystemen.

Resultaten behöver dock inte innebära att automatiserade mjölkningssystem i sig orsakar cellsönderfall. AMS-besättningar är generellt större och har ofta högre mjölkproduktion jämfört med besättningar med uppbundna system (Växa Sverige 2025a), vilket innebär att flera management- och produktionsrelaterade faktorer sannolikt samverkar. Högre mjölkproduktion, fler mjölkningar per dygn och större mängder prover som hanteras skulle potentiellt kunna öka variationen i provkvalitet och därmed risken för störningar i analysen. Detta stöds även av individanalysen där högre mjölkproduktion var associerad med en ökad sannolikhet för cellsönderfall. Samtidigt kan skillnader mellan mjölkningssystem även påverkas av andra faktorer som inte inkluderades i modellerna, exempelvis stallmiljö, hygienrutiner eller andra tekniska skillnader mellan gårdar.

Resultaten visade även att ekologiska besättningar hade en högre sannolikhet för cellsönderfall jämfört med konventionella besättningar på besättningsnivå. Även den deskriptiva analysen visade genomgående högre andel besättningar med cellsönderfall inom ekologisk produktion under alla år. Produktionsform var däremot inte signifikant associerad med cellsönderfall på individnivå, vilket skulle kunna tyda på att sambandet främst påverkas av faktorer på besättningsnivå snarare än individuella kofaktorer.

En möjlig förklaring skulle kunna vara skillnader i management, utfodring eller stallmiljö mellan ekologiska och konventionella besättningar. Det är dock oklart vilka specifika faktorer som ligger bakom sambandet, och resultaten innebär inte att ekologisk produktion i sig orsakar cellsönderfall. Det kan exempelvis finnas skillnader i management och utfodringsstrategier mellan produktionsformerna som indirekt påverkar förekomsten av cellsönderfall.

## 5.4 Samband mellan ras och cellsönderfall

Ras var signifikant associerat med cellsönderfall, där Jersey uppvisade den högsta sannolikheten jämfört med övriga raser. Även Holstein och vissa korsningsraser med Holstein visade en ökad sannolikhet jämfört med SRB. En möjlig förklaring skulle kunna vara skillnader i mjölkens sammansättning mellan olika raser. Tidigare studier har visat att mjölkens sammansättning skiljer sig mellan raser gällande fett- och proteinhalt, kaseinprofil, fettsyresammansättning, mineralinnehåll, pH och andra fysikaliska egenskaper hos mjölken (Johansson, 2025). Sådana skillnader skulle potentiellt kunna påverka analysens separation mellan somatiska celler och bakgrundspartiklar och därmed bidra till skillnader i förekomsten av cellsönderfall mellan raser.

Fettprocent visade inget signifikant samband med cellsönderfall i den multivariabla regressionsanalysen, medan både proteinprocent och högre mjölkproduktion var signifikant associerade med ökad sannolikhet för cellsönderfall oberoende av ras. Detta betyder att just skillnader i mjölkproduktion och proteinprocent inte förklarar rasskillnaderna, utan att det är andra rasspecifika egenskaper i mjölken eller fysiologiska skillnader mellan raserna som påverkar uppkomsten av cellsönderfall.

## 5.5 Metoddiskussion

Valet av multivariabla blandade logistiska regressionsmodeller bedömdes som lämpligt eftersom metoden möjliggjorde analys av flera förklarande variabler samtidigt samt tog hänsyn till beroendet mellan observationer inom samma besättning. Enklare analyser, såsom chi-två-test eller t-test, hade också kunnat användas men hade inte tagit hänsyn till samvariation mellan flera faktorer samtidigt.

En styrka med studien är det stora datamaterialet som omfattade flera år samt både individ- och besättningsdata från svenska mjölkbesättningar. Detta möjliggjorde analyser av både övergripande mönster och samband mellan cellsönderfall och olika individ- och besättningsfaktorer. Eftersom studien inkluderade samtliga besättningar anslutna till Växas Kokontroll® bedöms även representativiteten vara hög, vilket stärker möjligheten att generalisera resultaten till svenska mjölkbesättningar anslutna till Kokontrollen®. Användningen av multivariabla regressionsmodeller gjorde det dessutom möjligt att undersöka flera variabler samtidigt och ta hänsyn till att olika faktorer kan samverka. En nackdel med ett stort datamaterial är dock att även mycket små skillnader kan bli signifikanta, även om de kanske inte har någon biologisk betydelse. Det var dock många samband som hade oddskvot på över 2 eller under 0,5, vilket tyder på en tydlig skillnad.

Studien har dock även vissa begränsningar. Cellsönderfall är ett relativt nytt och begränsat undersökt område, vilket gjorde det svårt att jämföra resultaten med tidigare forskning och tolka vissa samband. Eftersom det dessutom saknas en etablerad vetenskaplig definition av fenomenet finns en osäkerhet kring hur resultaten bör tolkas biologiskt. Individdata analyserades dessutom endast för år 2025 på grund av den stora datamängden och den begränsade tiden för studien. Det hade varit intressant att undersöka individdata för flera år för att se om resultaten varit liknande över tid.

En annan begränsning är att studien bygger på GOSE-värden som en indikator på cellsönderfall och inte på direkt undersökning av cellerna i mjölken. Det går därför inte att vara helt säker på vad som orsakar att prover klassificerats med cellsönderfall. GOSE beskriver framför allt kvaliteten på separationen mellan somatiska celler och bakgrundsbrus i analysen, men identifierar inte den bakomliggande orsaken till den försämrade separationen. Eftersom GOSE registreras som en binär variabel (0 eller 1), där 1 innebär att provet uppfyller kriterierna för god separation, kunde endast förekomst eller frånvaro av sådan interferens studeras. Det är därför möjligt att kvaliteten på separationen varierar även mellan prover med GOSE = 1 utan att detta framgår av datamaterialet. Eftersom studien även är en observationsstudie går det heller inte att fastställa några säkra orsakssamband, utan endast samband mellan olika faktorer och förekomsten av cellsönderfall. Faktorer som exempelvis hygienrutiner, exakt provhantering, transportförhållanden och fodersammansättning kunde inte heller undersökas närmare trots att de sannolikt kan påverka förekomsten av cellsönderfall.

## 5.6 Praktisk betydelse

Eftersom celltal används som ett viktigt verktyg vid mastitövervakning och bedömning av mjölk kvalitet kan felaktigt förhöjda celltal eller uteblivna celltalsvärden få praktiska konsekvenser för både lantbrukare och rådgivare. Vid förekomst av cellsönderfall kan lantbrukaren i vissa fall inte få något tillförlitligt celltal alls. Detta kan försvåra uppföljningen av juverhälsa och bedömningen av besättningens mjölk kvalitet samt påverka beslut kring exempelvis mastitåtgärder och uppföljning av kor med höga celltal. Resultaten från studien visade dock att förekomsten av cellsönderfall var låg på provnivå och oftast omfattade ett fåtal prover per provmjölkningstillfälle, vilket tyder på att problemet generellt är begränsat inom den enskilda besättningen. Däremot hade en relativt stor andel av besättningarna minst ett fall av cellsönderfall under studieperioden, vilket visar att fenomenet är relativt vanligt förekommande inom svensk mjölkproduktion.

Resultaten från studien tyder på att både provkvalitet och kons fysiologiska status kan ha betydelse för förekomsten av cellsönderfall. Vid återkommande problem skulle det därför kunna vara relevant att se över rutiner kring provtagning, provhantering och hygien samt säkerställa att prover blandas och hanteras enligt gällande rekommendationer. Eftersom resultaten även visade samband mellan cellsönderfall och bland annat BHB, laktationsstadium och mjölkproduktion kan det även vara värdefullt att uppmärksamma om problemen förekommer hos specifika grupper av kor eller under vissa perioder av laktationen.

Ökad kunskap om cellsönderfall kan bidra till att laboratorier, rådgivare och lantbrukare lättare kan tolka analysresultat och identifiera möjliga orsaker till problemet. Detta kan ge ett mer tillförlitligt beslutsunderlag och bidra till mer ändamålsenliga åtgärder i besättningen. På så sätt kan kunskapen om cellsönderfall ha betydelse ur både ekonomiska, sociala och miljömässiga hållbarhetsperspektiv genom att minska risken för felaktiga beslut, onödiga åtgärder och ineffektiv resursanvändning.

## 6. Slutsats

Förekomsten av cellsönderfall i svenska provmjölkkningsprover var låg på provnivå men relativt vanlig på besättningsnivå, där en stor andel besättningar hade minst ett prov med cellsönderfall under studieperioden. Resultaten visade att cellsönderfall var associerat med flera individ- och besättningsrelaterade faktorer, vilket tyder på att fenomenet har en komplex bakgrund och sannolikt påverkas av flera samverkande faktorer.

Resultaten tyder särskilt på att kons fysiologiska status kan ha betydelse för uppkomsten av cellsönderfall. Den högre förekomsten i tidig laktation tillsammans med sambanden till förhöjda BHB-nivåer och hög mjölkproduktion tyder på att negativ energibalans och metabol belastning kan vara bidragande faktorer till cellsönderfall. Resultaten tyder även på att provkvalitet och provhantering kan påverka risken för cellsönderfall och analysens tillförlitlighet.

Eftersom prover med cellsönderfall ofta saknar användbara celltalsvärden kan problemet försvåra uppföljningen av juverhälsa och minska värdet av provmjölkningen för lantbrukaren. Ytterligare forskning behövs därför för att bättre förstå de bakomliggande mekanismerna samt för att undersöka hur provhantering, mjölk kvalitet och biologiska faktorer påverkar uppkomsten av cellsönderfall.

# Referenser

- Alhussien, M.N., Panda, B.S.K. & Dang, A.K. (2021). A Comparative Study on Changes in Total and Differential Milk Cell Counts, Activity, and Expression of Milk Phagocytes of Healthy and Mastitic Indigenous Sahiwal Cows. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 670811. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.670811>
- Andersson, I., Andersson, H., Christiansson, A., Lindmark Månsson, H., Oskarsson, M., Persson, Y. & Widell, A. (2011). Systemanalys celltal. [Rapport / Internt material]. Svensk Mjölk.
- Babiciu, D.E., Blaga Petrean, A., Daina, S., Neagu, D.M., Lazar, E.A. & Popescu, S. (2025). Milk Biomarkers and Herd Welfare Status in Dairy Cattle: A Machine Learning Approach. *Veterinary Sciences*, 13 (1), 22. <https://doi.org/10.3390/vetsci13010022>
- Darbaz, I., Ulusoy, B.H., Darbaz, T., Hecer, C. & Aslan, S. (2023). The importance of somatic cell count in dairy technology. *Mljekarstvo*, 73 (2), 75–84. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2023.0201>
- Eski, F. & Kurt, S. (2020). Effect Of Lactation Number On Milk Yield in Holstein Dairy Cows. *Turkish Journal of Veterinary Research*, 5. <https://doi.org/10.47748/tjvr.772135>
- Eurofins (2020). [Presentation om GOSE i Fossomatic-system] [Intern PowerPoint-presentation].
- Eurofins (2022). [Presentation om försök relaterade till cellsönderfall] [Intern PowerPoint-presentation].
- FOSS (u.å.). *Sample Quality Assessment on Fossomatic 7 DC*. [Internt material].
- Frössling, J., Ohlson, A. & Hallén-Sandgren, C. (2017). Incidence and duration of increased somatic cell count in Swedish dairy cows and associations with milking system type. *Journal of Dairy Science*, 100 (9), 7368–7378. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12333>
- Gonzalo, C., Baro, J.A., Carriedo, J.A. & Primitivo, F.S. (1993). Use of the Fossomatic Method to Determine Somatic Cell Counts in Sheep Milk. *Journal of Dairy Science*, 76 (1), 115–119. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77330-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77330-0)
- Johansson, M. (2025). Comparative analysis of milk composition in Swedish Mountain Cattle and modern dairy breeds (Swedish Red and Swedish Holstein). *Acta agriculturae Scandinavica. Section A, Animal science*, 74 (4), 182–190. <https://doi.org/10.1080/09064702.2025.2577238>
- Jordbruksverket. 2026. *Antal nötkreatur i december 2025* <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2026-02-13-antal-notkreatur-i-december-2025> [Hämtad 2026-05-19]
- ICAR. (2023). Section 2 – Dairy Cattle Milk Recording [PDF]. International Committee for Animal Recording. <https://www.icar.org/Guidelines/02-Overview-Cattle-Milk-Recording.pdf> [Hämtad 2026-03-02]
- Kirkeby, C., Schwarz, D., Denwood, M., Farre, M., Nielsen, S.S., Gussmann, M., Toft, N. & Halasa, T. (2021). Dynamics of somatic cell count (SCC) and differential SCC during and following intramammary infections. *Journal of Dairy Science*, 104 (3), 3427–3438. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19378>
- Li, N., Richoux, R., Boutinaud, M., Martin, P. & Gagnaire, V. (2014). Role of somatic cells on dairy processes and products: a review. *Dairy Science & Technology*, 94 (6), 517–538. <https://doi.org/10.1007/s13594-014-0176-3>
- Magro, S., Costa, A., Santinello, M., Penasa, M. & De Marchi, M. (2023). Udder health-related traits in cow milk: phenotypic variability and effect on milk yield and composition. *animal*, 17 (6), 100823. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100823>
- McKinnon, K.M. (2018). Flow Cytometry: An Overview. *Current protocols in immunology*, 120, 5.1.1-5.1.11. <https://doi.org/10.1002/cpim.40>

- Mondini, S., Gislon, G., Zucali, M., Sandrucci, A., Tamburini, A. & Bava, L. (2025). Factors influencing somatic cell count and leukocyte composition in cow milk: A field study. *Journal of Dairy Science*, 108 (3), 2721–2733. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25357>
- Montagnani, M., Ciofi, L., Gasparoni, E., Vichi, F., Santini, A., Pietrini, R., Pacini, M., Galli, T., Boselli, C., Bonelli, F. & Fichi, G. (2025). Cut-off value of somatic cell count and validation of differential somatic cell count by the fluoro-optical method in subclinical mastitis milk in three sheep breeds. *International Journal of Dairy Technology*, 78 (2), e70004. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.70004>
- Pelvan, M. & Unluturk, S. (2015). Application of Flow Cytometry and Fluorescence Techniques in Somatic Cell Analysis of Raw Milk. *International Journal of Food Processing Technology*, 2, 11–16. <https://doi.org/10.15379/2408-9826.2015.02.01.2>
- Quintana, Á.R., Seseña, S., Garzón, A. & Arias, R. (2020). Factors Affecting Levels of Airborne Bacteria in Dairy Farms: A Review. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 10 (3), 526. <https://doi.org/10.3390/ani10030526>
- Schmaltz, R., Bhogal, B., Wang, J., Wang, Y.-Y., Mackay, C.R., Chen, S.S. & Larson, L. (1996). Characterisation of leucocytic somatic cells in bovine milk. *Research in Veterinary Science*, 61 (2), 179–181. [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(96\)90099-5](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(96)90099-5)
- Schultz, L.H. (1977). Somatic Cells in Milk-Physiological Aspects and Relationship to Amount and Composition of Milk. *Journal of Food Protection*, 40 (2), 125–131. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-40.2.125>
- Schwarz, D., Kleinhans, S., Reimann, G., Stückler, P., Reith, F., Ilves, K., Pedastsaar, K., Yan, L., Zhang, Z., Valdivieso, M., Barreal, M.L. & Fouz, R. (2020). Investigation of dairy cow performance in different udder health groups defined based on a combination of somatic cell count and differential somatic cell count. *Preventive Veterinary Medicine*, 183, 105123. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105123>
- Silva, V.M., Souza, M.T., Blagitz, M.G., Souza, F.N., Batista, C.F., Alves, A.J., Fernandes, A.C.C., Sanchez, E.M.R., Ordinola-Ramirez, C.M., da Costa, L. & Della Libera, A.M.M.P. (2021). Milk lymphocyte profile and macrophage functions: new insights into the immunity of the mammary gland in quarters infected with *Corynebacterium bovis*. *BMC Veterinary Research*, 17 (1), 282. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-02989-5>
- Spörndly, E. & Kumm, K.I. (2010). *Lönar det sig med mer ensilage och bete till korna – ekonomiska beräkningar på gårdsnivå*. (Rapport 275). Sveriges lantbruksuniversitet. [https://pub.epsilon.slu.se/5103/1/sporndly\\_e\\_et al\\_100823.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/5103/1/sporndly_e_et al_100823.pdf)
- Sun, X., Zhao, R., Wang, N., Zhang, J., Xiao, B., Huang, F. & Chen, A. (2023). Milk somatic cell count: From conventional microscope method to new biosensor-based method. *Trends in Food Science & Technology*, 135, 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.03.020>
- Statens veterinärmedicinska anstalt (SVA). (2019). California Mastitis Test (CMT). <http://www.juverportalen.se/media/1136/cmt-20190412.pdf> [Hämtad 2026-02-21]
- Tolone, M., Mastrangelo, S., Scatassa, M.L., Sardina, M.T., Riggio, S., Moscarelli, A., Sutura, A.M., Portolano, B. & Negrini, R. (2023). A First Investigation into the Use of Differential Somatic Cell Count as a Predictor of Udder Health in Sheep. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 13 (24), 3806. <https://doi.org/10.3390/ani13243806>
- Toscano, A., Giannuzzi, D., Pegolo, S., Vanzin, A., Bisutti, V., Gallo, L., Trevisi, E., Cecchinato, A. & Schiavon, S. (2023). Associations between the detailed milk mineral profile, milk composition, and metabolic status in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 106 (9), 6577–6591. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23161>
- Van Den Borne, B.H.P., Vernooij, J.C.M., Lupindu, A.M., Van Schaik, G., Frankena, K., Lam, T.J.G.M. & Nielen, M. (2011). Relationship between somatic cell count status and subsequent clinical mastitis in Dutch dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 102 (4), 265–273. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2011.07.013>
- Vigolo, V., Niero, G., Penasa, M. & De Marchi, M. (2022). Effects of preservative, storage time, and temperature of analysis on detailed milk protein composition determined by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Dairy Science*, 105 (10), 7917–7925. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22069>



- Växa Sverige (2023). Robot. <https://www.vxa.se/gardsnara-tjanster/Provtagning/provmjolkning/elektronisk-inrapporering-av-mjolkprov/provmjolkningsapp/robot/> [Hämtad 2026-04-27]
- Växa Sverige. (2024b). Växa Nytt, nr 1, 2024 (s. 6). [https://pdf.mediahandler.se/pdf/VaxaNytt\\_tidning\\_nr1\\_2024/6/](https://pdf.mediahandler.se/pdf/VaxaNytt_tidning_nr1_2024/6/) [Hämtad 2026-03-02]
- Växa Sverige. (2024a). Så går en provmjölkning till [Video]. <https://www.vxa.se/fakta/styrning-och-rutiner/mer-om-mjolk/sa-gar-en-provmjolkning-till/> [Hämtad 2026-03-02]
- Växa Sverige (2025a). Husdjurs statistik. <https://vxa.qbank.se/mb/?h=c7a1d64e698d8df91094699ba3ffd110&p=dccda36951e6721097a93eae5c593859&display=feature&s=name&d=desc> [Hämtad 2026-05-19]
- Växa Sverige. (2025b). Mjölksprov. <https://www.vxa.se/gardsnara-tjanster/Provtagning/provmjolkning/elektronisk-inrapporering-av-mjolkprov/> [Hämtad 2026-03-02]
- Växa Sverige. (2025c). Provmjölkning. <https://www.vxa.se/gardsnara-tjanster/Provtagning/provmjolkning/> [Hämtad 2026-03-04]
- Växa Sverige (2025d). Robotprovmjölkning. <https://www.vxa.se/gardsnara-tjanster/Provtagning/provmjolkning/robotprovmjolkning/> [Hämtad 2026-04-27]
- Widmer, J., Descloux, L., Brügger, C., Jäger, M.-L., Berger, T. & Egger, L. (2022). Direct labeling of milk cells without centrifugation for counting total and differential somatic cells using flow cytometry. *Journal of Dairy Science*, 105 (11), 8705–8717. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22038>

# Populärvetenskaplig sammanfattning

För att upptäcka juverinflammation (mastit), följa mjölkornas hälsa och bedöma mjölk kvaliteten används celltal som ett viktigt verktyg inom svensk mjölkproduktion. Celltalet mäts regelbundet genom provmjölkning och resultaten används av både lantbrukare och rådgivare som underlag för beslut om djurhälsa, mjölk kvalitet och produktion.

Under senare år har man uppmärksammat ett problem där vissa mjölkprover kan få falskt förhöjda celltal och detta gör att det inte går att fastställa ett tillförlitligt värde på celltal. Detta kan försvåra bedömningen av kons juverhälsa, göra det svårare att upptäcka kor med mastit och påverka bedömningen av mjölk kvaliteten. Problemen tros bero på att analysinstrumentet som analyserar mjölkprover ibland har svårt att skilja somatiska celler från andra partiklar i mjölken. I denna studie benämns fenomenet cellsönderfall.

Syftet med studien var att undersöka hur vanligt cellsönderfall är i svenska mjölkbesättningar och om det finns faktorer hos korna eller i besättningen som kan vara kopplade till fenomenet. Studien baserades på data från Eurofins och Växa och omfattade både besättningsdata från åren 2022–2025 och individdata från år 2025.

Resultaten visade att cellsönderfall förekom i mindre än en procent av alla analyserade prover. Samtidigt hade en stor andel av besättningarna minst ett fall av cellsönderfall under studieperioden. Förekomsten varierade mellan olika typer av besättningar och mjölkningssystem. Högre förekomst sågs bland annat i besättningar med automatiska mjölkningssystem. På individnivå observerades samband med ras, laktationsstadium, mjölkproduktion och nivåer av BHB, en markör som kan kopplas till kons energibalans. Studien visar att cellsönderfall sannolikt påverkas av flera olika faktorer och att både kons fysiologiska status och förhållanden i besättningen kan ha betydelse.

# Tack

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Josef Dahlberg för stöd, vägledning och värdefulla synpunkter under arbetets gång.

Ett särskilt stort tack riktas till Ann Nyman för allt stöd, engagemang och all hjälp under projektet. Din hjälp med datahantering, statistiska analyser samt tolkning av data och resultat har varit mycket betydelsefull och arbetet hade inte varit möjligt att genomföra utan ditt stöd och din kunskap.

Jag vill även tacka min kurskamrat Sanna Aspgren Kreivi för allt kamratstöd under arbetets gång. Att kunna hjälpa varandra och dela både utmaningar och skratt under processen har gjort arbetet både lättare och mer givande.

# Bilaga 1. Fullständig multivariabel blandad logistisk regressionsanalys på besättningsnivå

|                         | Variabel         | Koeff.   | SE   | OR   | 95% KI (OR) | <i>p</i> -värde |        |
|-------------------------|------------------|----------|------|------|-------------|-----------------|--------|
| Mjökningsystem          | AMS              | Referens |      |      |             |                 |        |
|                         | Grop             | -0,80    | 0,07 | 0,45 | 0,39        | 0,52            | <0,001 |
|                         | Karusell         | -0,77    | 0,24 | 0,46 | 0,29        | 0,75            | 0,002  |
|                         | Uppbundet        | -1,03    | 0,08 | 0,36 | 0,30        | 0,42            | <0,001 |
| Produktionsform         | Konventionell    | Referens |      |      |             |                 |        |
|                         | Ekologisk        | 0,29     | 0,07 | 1,34 | 1,17        | 1,54            | <0,001 |
| Medelkoantal            | <60              | Referens |      |      |             |                 |        |
|                         | 60–119           | 0,23     | 0,07 | 1,25 | 1,08        | 1,45            | 0,002  |
|                         | 120–239          | 0,44     | 0,09 | 1,56 | 1,32        | 1,85            | <0,001 |
|                         | >239             | 0,73     | 0,11 | 2,08 | 1,68        | 2,58            | <0,001 |
| Län                     | Stockholms       | -0,51    | 0,29 | 0,60 | 0,34        | 1,07            | 0,08   |
|                         | Uppsala          | -0,37    | 0,22 | 0,69 | 0,45        | 1,07            | 0,10   |
|                         | Södermanlands    | -0,38    | 0,23 | 0,68 | 0,44        | 1,06            | 0,09   |
|                         | Östergötlands    | -0,29    | 0,19 | 0,75 | 0,51        | 1,09            | 0,13   |
|                         | Jönköpings       | -0,43    | 0,19 | 0,65 | 0,45        | 0,94            | 0,02   |
|                         | Kronobergs       | -0,70    | 0,21 | 0,50 | 0,33        | 0,76            | 0,001  |
|                         | Kalmar           | -0,31    | 0,19 | 0,73 | 0,51        | 1,05            | 0,09   |
|                         | Gotland          | -0,18    | 0,20 | 0,83 | 0,56        | 1,24            | 0,37   |
|                         | Blekinge         | -0,49    | 0,28 | 0,62 | 0,36        | 1,06            | 0,08   |
|                         | Skåne            | -0,90    | 0,27 | 0,41 | 0,24        | 0,69            | 0,001  |
|                         | Hallands         | -0,71    | 0,20 | 0,49 | 0,34        | 0,73            | <0,001 |
|                         | Västra Götalands | -0,54    | 0,18 | 0,58 | 0,41        | 0,83            | 0,003  |
|                         | Värmlands        | -0,07    | 0,23 | 0,93 | 0,60        | 1,45            | 0,75   |
|                         | Örebro           | -0,63    | 0,23 | 0,53 | 0,34        | 0,84            | 0,007  |
|                         | Västmanlands     | -0,54    | 0,25 | 0,58 | 0,36        | 0,95            | 0,03   |
|                         | Dalarnas         | -0,18    | 0,23 | 0,83 | 0,54        | 1,30            | 0,42   |
|                         | Gävleborgs       | -0,16    | 0,21 | 0,85 | 0,56        | 1,29            | 0,45   |
|                         | Västernorrlands  | -0,22    | 0,23 | 0,80 | 0,51        | 1,26            | 0,34   |
|                         | Jämtlands        | -0,04    | 0,21 | 0,96 | 0,63        | 1,44            | 0,84   |
|                         | Västerbottens    | -0,17    | 0,20 | 0,85 | 0,57        | 1,27            | 0,42   |
|                         | Norrbotens       | Referens |      |      |             |                 |        |
| Interaktion<br>år*månad | 2022*1           | Referens |      |      |             |                 |        |
|                         | 2022*2           | -1,35    | 0,16 | 0,26 | 0,19        | 0,36            | <0,001 |

|                                                                              |         |       |      |      |      |      |        |
|------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|------|------|------|------|--------|
| <b>Besättningar med<br/>och utan<br/>cellsönderfall per<br/>år och månad</b> | 2022*3  | -0,83 | 0,14 | 0,44 | 0,33 | 0,57 | <0,001 |
|                                                                              | 2022*4  | -0,93 | 0,14 | 0,39 | 0,30 | 0,52 | <0,001 |
|                                                                              | 2022*5  | -1,22 | 0,15 | 0,30 | 0,22 | 0,40 | <0,001 |
|                                                                              | 2022*6  | -1,67 | 0,17 | 0,19 | 0,14 | 0,26 | <0,001 |
|                                                                              | 2022*7  | -1,29 | 0,16 | 0,27 | 0,20 | 0,37 | <0,001 |
|                                                                              | 2022*8  | -1,53 | 0,16 | 0,22 | 0,16 | 0,30 | <0,001 |
|                                                                              | 2022*9  | -1,20 | 0,14 | 0,30 | 0,23 | 0,40 | <0,001 |
|                                                                              | 2022*10 | -1,03 | 0,14 | 0,36 | 0,27 | 0,47 | <0,001 |
|                                                                              | 2022*11 | -0,82 | 0,13 | 0,44 | 0,34 | 0,58 | <0,001 |
|                                                                              | 2022*12 | -0,39 | 0,13 | 0,68 | 0,53 | 0,87 | 0,002  |
|                                                                              | 2023*1  | -0,18 | 0,13 | 0,84 | 0,65 | 1,08 | 0,17   |
|                                                                              | 2023*2  | 1,16  | 0,21 | 3,18 | 2,11 | 4,79 | <0,001 |
|                                                                              | 2023*3  | 0,62  | 0,19 | 1,85 | 1,28 | 2,67 | 0,001  |
|                                                                              | 2023*4  | 0,63  | 0,19 | 1,87 | 1,28 | 2,74 | 0,001  |
|                                                                              | 2023*5  | 0,50  | 0,20 | 1,64 | 1,10 | 2,46 | 0,02   |
|                                                                              | 2023*6  | 0,18  | 0,23 | 1,19 | 0,76 | 1,89 | 0,45   |
|                                                                              | 2023*7  | -0,17 | 0,23 | 0,84 | 0,54 | 1,31 | 0,45   |
|                                                                              | 2023*8  | -0,02 | 0,23 | 0,98 | 0,62 | 1,55 | 0,94   |
|                                                                              | 2023*9  | -0,23 | 0,21 | 0,79 | 0,53 | 1,19 | 0,26   |
|                                                                              | 2023*10 | 0,07  | 0,20 | 1,07 | 0,73 | 1,58 | 0,73   |
|                                                                              | 2023*11 | 0,57  | 0,19 | 1,77 | 1,23 | 2,55 | 0,002  |
|                                                                              | 2023*12 | 0,08  | 0,18 | 1,08 | 0,76 | 1,54 | 0,66   |
|                                                                              | 2024*1  | -0,30 | 0,13 | 0,74 | 0,57 | 0,96 | 0,02   |
|                                                                              | 2024*2  | 1,44  | 0,21 | 4,21 | 2,79 | 6,35 | <0,001 |
|                                                                              | 2024*3  | 1,33  | 0,19 | 3,80 | 2,64 | 5,47 | <0,001 |
|                                                                              | 2024*4  | 1,01  | 0,19 | 2,76 | 1,88 | 4,04 | <0,001 |
|                                                                              | 2024*5  | 0,87  | 0,21 | 2,38 | 1,59 | 3,56 | <0,001 |
|                                                                              | 2024*6  | 0,79  | 0,22 | 2,21 | 1,42 | 3,42 | <0,001 |
|                                                                              | 2024*7  | 0,68  | 0,22 | 1,98 | 1,29 | 3,02 | 0,002  |
|                                                                              | 2024*8  | 1,12  | 0,21 | 3,07 | 2,03 | 4,65 | <0,001 |
|                                                                              | 2024*9  | 0,42  | 0,20 | 1,52 | 1,02 | 2,26 | 0,039  |
|                                                                              | 2024*10 | 0,99  | 0,19 | 2,69 | 1,85 | 3,90 | <0,001 |
|                                                                              | 2024*11 | 1,50  | 0,18 | 4,49 | 3,15 | 6,42 | <0,001 |
|                                                                              | 2024*12 | 0,48  | 0,18 | 1,61 | 1,13 | 2,30 | 0,008  |
|                                                                              | 2025*1  | 0,76  | 0,12 | 2,15 | 1,70 | 2,72 | <0,001 |
|                                                                              | 2025*2  | -0,08 | 0,20 | 0,93 | 0,62 | 1,38 | 0,71   |
|                                                                              | 2025*3  | -2,59 | 0,24 | 0,08 | 0,05 | 0,12 | <0,001 |
|                                                                              | 2025*4  | -0,44 | 0,18 | 0,65 | 0,45 | 0,93 | 0,02   |
|                                                                              | 2025*5  | -0,38 | 0,19 | 0,68 | 0,47 | 1,00 | 0,05   |
|                                                                              | 2025*6  | 0,00  | 0,21 | 1,00 | 0,66 | 1,51 | 0,99   |
|                                                                              | 2025*7  | -1,34 | 0,23 | 0,26 | 0,17 | 0,41 | <0,001 |
|                                                                              | 2025*8  | -1,20 | 0,23 | 0,30 | 0,19 | 0,47 | <0,001 |
|                                                                              | 2025*9  | -0,48 | 0,19 | 0,62 | 0,43 | 0,89 | 0,01   |

|         |       |      |      |      |      |        |
|---------|-------|------|------|------|------|--------|
| 2025*10 | -1,13 | 0,19 | 0,32 | 0,22 | 0,47 | <0,001 |
| 2025*11 | -0,38 | 0,18 | 0,68 | 0,48 | 0,97 | 0,03   |
| 2025*12 | -0,90 | 0,17 | 0,41 | 0,29 | 0,57 | <0,001 |

---

## Bilaga 2. Fullständig multivariabel blandad logistisk regressionsanalys på tankmjölksdata

|                              | Koeff.   | SE   | OR   | 95% KI (OR) |      | p-värde |
|------------------------------|----------|------|------|-------------|------|---------|
| <b>Bakterietal (ln), cfu</b> | 0,10     | 0,03 | 1,11 | 1,04        | 1,18 | <0,001  |
| <b>Fett, %</b>               | 0,76     | 0,16 | 2,14 | 1,56        | 2,95 | <0,001  |
| <b>Protein, %</b>            | -2,01    | 0,30 | 0,13 | 0,07        | 0,24 | <0,001  |
| <b>År</b>                    |          |      |      |             |      |         |
| 2023                         | Referens |      |      |             |      |         |
| 2024                         | -0,02    | 0,27 | 0,98 | 0,57        | 1,67 | 0,93    |
| 2025                         | 0,86     | 0,26 | 2,36 | 1,43        | 3,90 | <0,001  |
| <b>Månad</b>                 |          |      |      |             |      |         |
| Jan                          | Referens |      |      |             |      |         |
| Feb                          | -0,16    | 0,28 | 0,86 | 0,50        | 1,48 | 0,58    |
| Mar                          | -0,12    | 0,26 | 0,89 | 0,53        | 1,50 | 0,66    |
| Apr                          | -0,33    | 0,27 | 0,72 | 0,42        | 1,22 | 0,22    |
| Maj                          | -0,58    | 0,30 | 0,56 | 0,31        | 1,00 | 0,05    |
| Jun                          | -1,78    | 0,36 | 0,17 | 0,08        | 0,34 | <0,001  |
| Jul                          | -1,40    | 0,36 | 0,25 | 0,12        | 0,49 | <0,001  |
| Aug                          | -1,33    | 0,36 | 0,27 | 0,13        | 0,54 | <0,001  |
| Sep                          | -1,46    | 0,33 | 0,23 | 0,12        | 0,44 | <0,001  |
| Okt                          | -0,95    | 0,32 | 0,38 | 0,21        | 0,72 | <0,001  |
| Nov                          | -0,20    | 0,28 | 0,82 | 0,47        | 1,42 | 0,47    |
| Dec                          | 0,13     | 0,27 | 1,13 | 0,66        | 1,94 | 0,65    |
| <b>Interaktion</b>           |          |      |      |             |      |         |
| <b>år*månad</b>              |          |      |      |             |      |         |
| 2023*1                       | Referens |      |      |             |      |         |
| 2023*2                       | -0,16    | 0,28 | 0,86 | 0,50        | 1,48 | 0,58    |
| 2023*3                       | -0,12    | 0,26 | 0,89 | 0,53        | 1,50 | 0,66    |
| 2023*4                       | -0,33    | 0,27 | 0,72 | 0,42        | 1,22 | 0,22    |
| 2023*5                       | -0,58    | 0,30 | 0,56 | 0,31        | 1,00 | 0,05    |
| 2023*6                       | -1,78    | 0,36 | 0,17 | 0,08        | 0,34 | <0,001  |
| 2023*7                       | -1,40    | 0,36 | 0,25 | 0,12        | 0,49 | <0,001  |
| 2023*8                       | -1,33    | 0,36 | 0,27 | 0,13        | 0,54 | <0,001  |
| 2023*9                       | -1,46    | 0,33 | 0,23 | 0,12        | 0,44 | <0,001  |
| 2023*10                      | -0,95    | 0,32 | 0,38 | 0,21        | 0,72 | 0,003   |

|               |       |      |      |      |      |        |
|---------------|-------|------|------|------|------|--------|
| 2023*11       | -0,20 | 0,28 | 0,82 | 0,47 | 1,42 | 0,47   |
| 2023*12       | 0,13  | 0,27 | 1,13 | 0,66 | 1,94 | 0,65   |
| 2024*1        | -0,25 | 0,27 | 0,98 | 0,57 | 1,67 | 0,93   |
| 2024*2        | 0,25  | 0,38 | 1,29 | 0,61 | 2,73 | 0,51   |
| 2024*3        | 0,65  | 0,37 | 1,92 | 0,92 | 3,97 | 0,08   |
| 2024*4        | 0,30  | 0,38 | 1,35 | 0,64 | 2,84 | 0,43   |
| 2024*5        | 0,07  | 0,41 | 1,07 | 0,47 | 2,40 | 0,87   |
| 2024*6        | 0,91  | 0,46 | 2,48 | 1,00 | 6,16 | 0,05   |
| 2024*7        | 0,79  | 0,48 | 2,21 | 0,87 | 5,61 | 0,10   |
| 2024*8        | 0,83  | 0,46 | 2,28 | 0,93 | 5,59 | 0,07   |
| 2024*9        | 0,80  | 0,44 | 2,23 | 0,94 | 5,29 | 0,07   |
| 2024*10       | 0,78  | 0,42 | 2,18 | 0,95 | 4,97 | 0,07   |
| 2024*11       | 1,09  | 0,38 | 2,98 | 1,42 | 6,26 | 0,004  |
| 2024*12       | -0,28 | 0,38 | 0,76 | 0,36 | 1,59 | 0,46   |
| 2025*1        | 0,86  | 0,26 | 2,36 | 1,42 | 3,90 | 0,001  |
| 2025*2        | -1,48 | 0,38 | 0,23 | 0,11 | 0,48 | <0,001 |
| 2025*3        | -3,09 | 0,45 | 0,05 | 0,02 | 0,11 | <0,001 |
| 2025*4        | -0,68 | 0,36 | 0,51 | 0,25 | 1,03 | 0,06   |
| 2025*5        | -0,60 | 0,39 | 0,55 | 0,26 | 1,18 | 0,12   |
| 2025*6        | 0,53  | 0,45 | 1,71 | 0,71 | 4,09 | 0,23   |
| 2025*7        | -0,69 | 0,50 | 0,50 | 0,19 | 1,34 | 0,17   |
| 2025*8        | -1,86 | 0,54 | 0,16 | 0,05 | 0,45 | 0,001  |
| 2025*9        | -0,13 | 0,43 | 0,87 | 0,38 | 2,02 | 0,75   |
| 2025*10       | -0,85 | 0,42 | 0,43 | 0,19 | 0,98 | 0,05   |
| 2025*11       | -0,56 | 0,37 | 0,57 | 0,28 | 1,18 | 0,13   |
| 2025*12       | -1,20 | 0,38 | 0,30 | 0,14 | 0,63 | 0,001  |
| <b>Län</b>    |       |      |      |      |      |        |
| Blekinge      | 0,94  | 0,40 | 2,64 | 1,22 | 5,70 | 0,01   |
| Dalarnas      | 1,35  | 0,38 | 3,90 | 1,87 | 8,14 | <0,001 |
| Gotlands      | 1,16  | 0,31 | 2,95 | 1,62 | 5,36 | <0,001 |
| Gävleborgs    | 0,83  | 0,32 | 2,23 | 1,13 | 3,97 | 0,02   |
| Hallands      | 0,84  | 0,30 | 2,37 | 1,32 | 4,23 | 0,004  |
| Jämtlands     | 1,19  | 0,33 | 3,18 | 1,69 | 5,99 | <0,001 |
| Jönköpings    | 1,12  | 0,29 | 2,96 | 1,69 | 5,20 | <0,001 |
| Kalmar        | 0,88  | 0,29 | 2,44 | 1,40 | 4,26 | 0,002  |
| Kronobergs    | 0,44  | 0,36 | 1,58 | 0,79 | 3,16 | 0,20   |
| Norrbottnens  | ej.t. |      |      |      |      |        |
| Skåne         | ej.t. |      |      |      |      |        |
| Stockholms    | 0,31  | 0,47 | 1,39 | 0,57 | 3,41 | 0,47   |
| Södermanlands | 0,80  | 0,34 | 2,21 | 1,14 | 4,30 | 0,02   |
| Uppsala       | 0,62  | 0,35 | 1,78 | 0,90 | 3,51 | 0,10   |
| Värmlands     | 1,02  | 0,34 | 2,65 | 1,36 | 5,16 | 0,004  |



|                  |          |      |      |      |      |       |
|------------------|----------|------|------|------|------|-------|
| Västernorrlands  | 1,14     | 0,51 | 3,43 | 1,29 | 9,12 | 0,01  |
| Västmanlands     | 1,09     | 0,46 | 2,86 | 1,18 | 6,94 | 0,02  |
| Västra Götalands | 0,87     | 0,28 | 2,35 | 1,36 | 4,08 | 0,002 |
| Örebro           | Referens |      |      |      |      |       |
| Östergötlands    | 0,98     | 0,30 | 2,65 | 1,49 | 4,70 | 0,001 |

#### Mjölkningsystem

|           |          |      |      |      |      |        |
|-----------|----------|------|------|------|------|--------|
| AMS       | Referens |      |      |      |      |        |
| Grop      | -0,47    | 0,11 | 0,63 | 0,50 | 0,78 | <0,001 |
| Karusell  | -0,70    | 0,39 | 0,50 | 0,23 | 1,06 | 0,07   |
| Uppbundet | -0,83    | 0,13 | 0,44 | 0,34 | 0,57 | <0,001 |

Ej.t. = ej tillämbart, alla besättningar i Skåne hade minst ett cellsönderfall vid varje tillfälle och kunde inte användas i analysen på grund av brist på variation. Inga besättningar i Norrbottens län var med då alla levererade mjölk till annat mejeri än de som levererar data till Växas kodatabas.

## Bilaga 3. Fullständig multivariabel blandad logistisk regressionsanalys på individnivå

|                         | Koeff.   | SE   | OR    | 95% KI (OR) |       | p-värde |
|-------------------------|----------|------|-------|-------------|-------|---------|
| <b>Mjölk, kg</b>        | 0,02     | 0,00 | 1,02  | 1,02        | 1,03  | <0,001  |
| <b>Protein, %</b>       | 0,74     | 0,04 | 2,11  | 1,95        | 2,27  | <0,001  |
| <b>Urea</b>             |          |      |       |             |       |         |
| <3                      | -0,52    | 0,07 | 0,59  | 0,52        | 0,68  | <0,001  |
| 3–5,9                   | Referens |      |       |             |       |         |
| >5,9                    | 0,40     | 0,04 | 1,49  | 1,36        | 1,62  | <0,001  |
| <b>lnBHB, mmol/l</b>    | 2,73     | 0,03 | 15,33 | 14,45       | 16,27 | <0,001  |
| <b>Laktationsnummer</b> |          |      |       |             |       |         |
| 1                       | Referens |      |       |             |       |         |
| 2                       | 0,02     | 0,04 | 1,02  | 0,94        | 1,10  | 0,69    |
| 3                       | -0,19    | 0,05 | 0,83  | 0,76        | 0,90  | <0,001  |
| 4                       | -0,39    | 0,06 | 0,67  | 0,60        | 0,75  | <0,001  |
| >4                      | -0,52    | 0,06 | 0,60  | 0,53        | 0,68  | <0,001  |
| <b>Ras</b>              |          |      |       |             |       |         |
| SRB                     | Referens |      |       |             |       |         |
| SH                      | 0,98     | 0,06 | 2,67  | 2,38        | 3,00  | <0,001  |
| SKB                     | 0,31     | 0,45 | 1,36  | 0,56        | 3,31  | 0,49    |
| SRB*SH                  | 0,54     | 0,09 | 1,72  | 1,43        | 2,07  | <0,001  |
| SRB*RB                  | 0,00     | 0,08 | 1,00  | 0,86        | 1,18  | 0,95    |
| Jersey                  | 1,67     | 0,13 | 5,32  | 4,15        | 6,82  | <0,001  |
| RB                      | 0,36     | 0,13 | 1,43  | 1,11        | 1,85  | 0,006   |
| SH/SRB*MON              | 0,43     | 0,17 | 1,54  | 1,10        | 2,16  | 0,01    |
| övriga                  | 0,46     | 0,09 | 1,59  | 1,33        | 1,89  | <0,001  |
| <b>DIM</b>              |          |      |       |             |       |         |
| <30                     | Referens |      |       |             |       |         |
| 30–89                   | 0,13     | 0,06 | 1,14  | 1,02        | 1,28  | 0,02    |
| 90–179                  | 0,09     | 0,06 | 1,09  | 0,98        | 1,22  | 0,11    |
| 180–304                 | -0,22    | 0,06 | 0,81  | 0,72        | 0,90  | <0,001  |
| >304                    | -0,29    | 0,07 | 0,75  | 0,66        | 0,86  | <0,001  |
| <b>Mjölkningsystem</b>  |          |      |       |             |       |         |

|                  |          |      |      |      |      |        |
|------------------|----------|------|------|------|------|--------|
| AMS              | Referens |      |      |      |      |        |
| Grop             | -0,49    | 0,11 | 0,61 | 0,50 | 0,76 | <0,001 |
| Karusell         | -0,58    | 0,37 | 0,56 | 0,27 | 1,16 | 0,12   |
| Uppbundet        | -0,48    | 0,12 | 0,62 | 0,49 | 0,78 | <0,001 |
| <b>Månad</b>     |          |      |      |      |      |        |
| Jan              | Referens |      |      |      |      |        |
| Feb              | -1,89    | 0,06 | 0,15 | 0,13 | 0,17 | <0,001 |
| Mar              | -4,15    | 0,14 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | <0,001 |
| Apr              | -2,31    | 0,07 | 0,10 | 0,09 | 0,11 | <0,001 |
| Maj              | -1,27    | 0,05 | 0,28 | 0,25 | 0,31 | <0,001 |
| Jun              | -1,93    | 0,07 | 0,14 | 0,13 | 0,17 | <0,001 |
| Jul              | -3,51    | 0,16 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | <0,001 |
| Aug              | -2,75    | 0,10 | 0,06 | 0,05 | 0,08 | <0,001 |
| Sep              | -1,94    | 0,07 | 0,14 | 0,13 | 0,16 | <0,001 |
| Okt              | -1,93    | 0,06 | 0,15 | 0,13 | 0,16 | <0,001 |
| Nov              | -1,97    | 0,06 | 0,14 | 0,12 | 0,16 | <0,001 |
| Dec              | -1,99    | 0,06 | 0,14 | 0,12 | 0,16 | <0,001 |
| <b>Län</b>       |          |      |      |      |      |        |
| Uppsala          | Referens |      |      |      |      |        |
| Blekinge         | -0,49    | 0,42 | 0,61 | 0,27 | 1,40 | 0,24   |
| Dalarnas         | -0,56    | 0,31 | 0,57 | 0,31 | 1,06 | 0,07   |
| Gotlands         | -0,42    | 0,28 | 0,66 | 0,38 | 1,15 | 0,14   |
| Gävleborgs       | -0,31    | 0,30 | 0,73 | 0,41 | 1,32 | 0,30   |
| Hallands         | -0,96    | 0,28 | 0,38 | 0,22 | 0,66 | 0,001  |
| Jämtlands        | -0,10    | 0,29 | 0,90 | 0,51 | 1,60 | 0,72   |
| Jönköpings       | -0,88    | 0,26 | 0,42 | 0,25 | 0,69 | 0,001  |
| Kalmar           | -0,35    | 0,26 | 0,71 | 0,43 | 1,17 | 0,18   |
| Kronobergs       | -0,61    | 0,30 | 0,54 | 0,30 | 0,98 | 0,04   |
| Norrbottns       | -0,27    | 0,33 | 0,77 | 0,40 | 1,47 | 0,42   |
| Skåne            | -1,19    | 0,41 | 0,30 | 0,14 | 0,68 | 0,003  |
| Stockholms       | -0,59    | 0,46 | 0,56 | 0,23 | 1,36 | 0,20   |
| Södermanlands    | -0,31    | 0,33 | 0,74 | 0,39 | 1,40 | 0,35   |
| Värmlands        | -0,28    | 0,32 | 0,75 | 0,41 | 1,40 | 0,37   |
| Västerbottens    | -0,55    | 0,30 | 0,58 | 0,32 | 1,04 | 0,07   |
| Västernorrlands  | -0,20    | 0,33 | 0,82 | 0,42 | 1,57 | 0,54   |
| Västmanlands     | -1,14    | 0,36 | 0,32 | 0,16 | 0,65 | 0,002  |
| Västra Götalands | -0,61    | 0,25 | 0,54 | 0,34 | 0,88 | 0,01   |
| Örebro           | -0,49    | 0,34 | 0,61 | 0,32 | 1,19 | 0,15   |
| Östergötlands    | -0,60    | 0,27 | 0,55 | 0,33 | 0,93 | 0,03   |

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

☒ JA, jag, Louise Nilsson har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.