

## Eurokoders inverkan på bärverk för lantbruksbyggnader

HUSSEIN AGHA OCH KNUT-HÅKAN JEPPSSON

I Sverige fick man ett nytt regelverk för verifiering av bärförmåga, stadga samt beständighet den 1 januari 2011. Man övergick från det nationella BKR13 till eurokoderna med tillhörande nationella val (EKS-versionerna). Sedan dess har det uppkommit frågetecken hos ett flertal aktörer inom lantbruksbranschen vilken effekt detta haft på byggandet av lantbruksbyggnader. I denna rapport undersöker vi den praktiska betydelsen det haft för dimensionerna på bärverk i lantbruksbyggnader med stålramar. Vi gör en relativ jämförelse, genom att dimensionera exakt samma byggnad i två olika programversioner, som har inbyggda dimensioneringsmoduler för BKR13 respektive EKS10. Man belyser den relativa skillnaden i procent och ser om det tillkommit någon ökning eller minskning i dimensionerande lasteffekter enbart på grund av regelverksändringen.

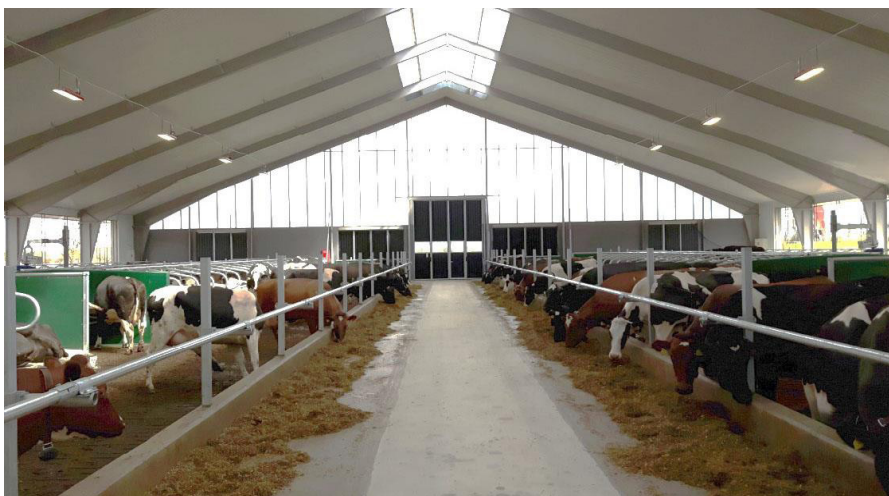


Bild 1. Mjölkkostall med stålramar. Foto: Abetong AB.

### Inledning

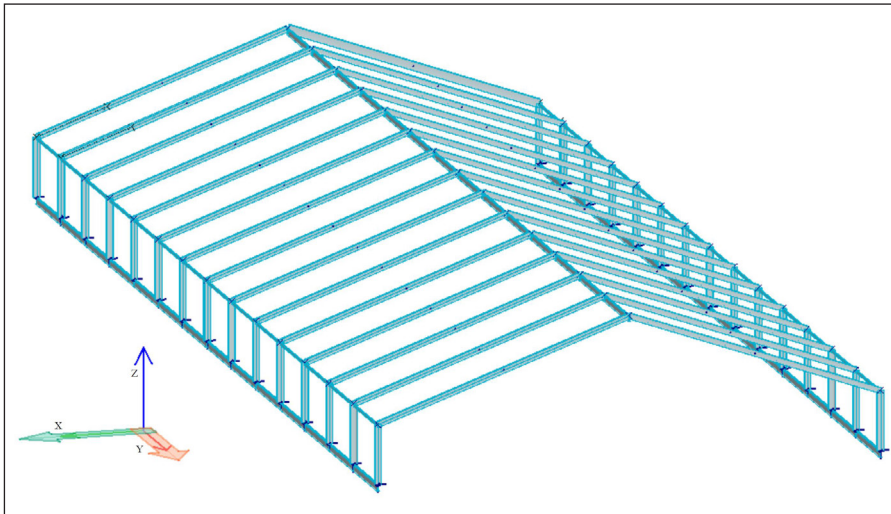
Boverkets konstruktionsregler (BKR13) upphörde att gälla den 1 januari 2011, i samband med att Eurokoderna tillsammans med nationella val av Eurokoder (EKS7) trädde i kraft, som det enda gällande regelverket i Sverige för verifiering av bärförmåga, stadga samt beständighet. Sedan dess har EKS reviderats tre gånger, där den senast gällande versionen (EKS10) trädde i kraft den 1 januari 2016. I samband med att man fick ny plan- och bygglag (2010:900) och ny plan- och byggförordning (2011:338) i Sverige, övergick man den 2 maj 2011 från EKS7 till EKS8, som innehåller ny grundförfattning, där den största skillnaden mellan dessa är korrekta hänvisningar till den nya plan- och bygglagen och dess förordning i EKS8. Den 1 juli 2013 ersattes EKS8 av EKS9 där bland annat ett flertal nya eurokoddelar införlivades i regelverket genom nationella val. Det bör förtydligas, att parallellt med nya EKS-versioner tillkommer, har även eurokoderna reviderats och i de fall där det inte framgår någon konkret information (exempelvis för en viss takkonstruktion) i den aktuellt gällande EKS-versionen, gäller

per automatik det som framgår i eurokoderna (Paulsson & Engström, 2018).

Några händelser i samhället med relevans för denna studie skedde under vintrarna 2009/2010 och 2010/2011, då man i Sverige hade större mängder snö än vanligt. Detta resulterade i ett flertal takras där hallbyggnader med stora spännvidder och låga taklutningar var särskilt utsatta. Det finns en slutrapport publicerad från Boverket (2011) samt ytterligare en rapport kopplad till slutrapporten, som fokuserar på takras på grund av snölast i lantbrukets ekonomibygnader publicerad av Sveriges Lantbruksuniversitet (Nilsson & Friberg, 2011). I dessa rapporter belyser man olika orsaker till takrasen och det framgår att av 3000 anmälningar till försäkringsbolag rörande skador på tak orsakade av snölast, rörde cirka 60 % lantbruksbyggnader. Detta framstår inte som avvikande då typiska karaktärsdrag för dessa byggnadstyper oftast är hallbyggnader med stora spännvidder och låglutande tak. Den primära orsaken för takrasen verkar vara fel i projektering och utförande snarare än normkrav. Dock, benämns det att ojämn lastfördelning i form av osymmetrisk

snölast på grund av vindlaster, ökar risken för ras och skada och man bör därför se över formfaktorerna för snö- och vindlaster i det befintliga regelverket. Här benämns det även att övergången från BKR till EKS har fört med sig en förändring för låglutande tak under 15°, då man räknar med ojämn lastfördelning även för dessa tak, vilket man inte gör enligt BKR-regelverk.

Syftet med denna rapport är att undersöka inverkan som introduktionen av eurokoderna och EKS haft på dimensionerna för bärverk i lantbruksbyggnader med olika klimatzoner i Sverige. Detta sker i form av att man beräknar en lantbruksbyggnad med stålstomme i dimensioneringsprogrammet Fem-Design 3D Structure (från StruSoft AB) enligt BKR13 och EKS10, för att se om det har skett några ändringar som kan antyda att ökade dimensioner krävs, enbart på grund av tillämpningen av nytt regelverk. Fokus ligger på att belysa skillnader i snö- och vindlaster samt lasternas respektive formfaktorer, snarare än beräkningsmetodik, materialparametrar med mera, som även dessa skiljer sig åt mellan BKR13 och EKS-versionerna.



Figur 1. Överblick som visar den simulerade modellen taget från fallet "Sörmland" i Fem-Design version 17.

## Material och metoder

Byggnaden som använts i denna studie har tillhandahållits från lantbruksleverantören Abetong AB. Den representerar ett kostall med stålstomme för 250 mjölkkor. Längden, bredden samt höjden på byggnaden är 84 meter, 35 meter respektive 10,44 meter. Taklutningen ligger på 19,8° med en takkonstruktion som består av ett sadeltak. Byggnaden har blivit dimensionerad i verklighet enligt snölastzon 2  $\text{kN/m}^2$ , vindreferens 24  $\text{m/s}$  samt terrängtyp 2, vilket även kommer representera fallet "Sörmland" i resultaten av beräkningarna. Avståndet mellan stålramarna längs långsidan ligger på 6 meter. Väggpelarnas material består av IPE450 stålprofiler med materialdata enligt S355. Takbalkarnas material består av IPE400 stålprofiler med materialdata enligt S355. Stålramarna är beräknade som tredsramar. Se figur 1 för att få en bättre överblick över den simulerade modellen.

Programvaran som har använts är Fem-Design 3D Structure (från StruSoft AB) där man använt sig av två versioner: Version 8, som har beräkningsmetodik för BKR13 inbakad i mjukvaran och version 17, som har beräkningsmetodik för EKS10 inbakad i mjukvaran. I respektive programversion har man dimensionerat exakt samma struktur med samma stålprofiler och materialparametrar. När det kommer till snö- och vindlaster samt lasternas respektive formfaktorer inklusive zonindelningar, har man utgått från BKR13 och Boverkets Handbok om Snö och Vindlast Utgåva 2 BSV97 för Fem-Design version 8 (Boverket, 1997; Boverket, 2010) och

EKS10 samt eurokoderna (med tillhörande ändringar och tillägg) SS-EN\_1991-1-3 och SS-EN\_1991-1-4 för Fem-Design version 17 (Boverket, 2016; Svensk Standard, 2005; Svensk Standard, 2015; Svensk Standard, 2016a; Svensk Standard, 2016b; Svensk Standard, 2016c; Svensk Standard, 2016d).

Klimatzonerna som valts ut anses vara de mest representativa för var man finner mest lantbruksbyggnader i Sverige:

- Sörmland [Snölastzon 2,0  $\text{kN/m}^2$ , vindreferens 24  $\text{m/s}$ , terrängtyp 2]
- Skåne [Snölastzon 1,5  $\text{kN/m}^2$ , vindreferens 26  $\text{m/s}$ , terrängtyp 2]
- Småland [Snölastzon 2,5  $\text{kN/m}^2$ , vindreferens 24  $\text{m/s}$ , terrängtyp 2]
- Norrland [Snölastzon 3,5  $\text{kN/m}^2$ , vindreferens 23  $\text{m/s}$ , terrängtyp 2]

Totalt blir det 8 simuleringar som utförts, 2 för varje klimatzon där 1 simulering utförs i Fem-Design version 8 som representerar BKR13 och 1 simulering utförs i Fem-Design version 17 som representerar EKS10. De 4 parametrar som man har valt att jämföra mellan modellerna för respektive klimatzon är alla tagna ur maximala värden från de olika lastkombinationerna med fokus på följande:

- Reaktionskrafter [kN] för stålram
- Normalkrafter [kN] i stålramen
- Tvärkrafter [kN] i stålramen (z-led)
- Moment [kNm] i stålramen (y-led)

Mer specifikt framgår det i figurerna som visas i resultaten var respektive parameter är tagen från i själva modellen i form av 4 olika figurer för fallet "Sörmland" i Fem-De-

sign version 17 simulering som typexempel. Samtliga värden är tagna från samma ställen i samtliga simuleringar. Observera att vissa förutsättningar har implementerats i jämförelsen mellan värden från Fem-Design version 8 och Fem-Design version 17. Den första förutsättningen är att man har jämfört samtliga stålramar på bägge sidor av nocken, för att finna det största enskilda värdet (som för samtliga simuleringar visat sig ligga i den andra ramen) för varje parameter ovan som man sedan jämfört mellan de olika Fem-Design versionerna. Ytterligare en förutsättning är att man bortser från bruksgränstillstånden och enbart jämför brottgränstillstånden enligt första ordningens teori och försummar att jämföra andra ordningens effekter och statisk jämvikt. Det anses oftast vara brottgränstillstånden som är det dimensionerande fallet för lantbruksbyggnader, likt de i aktuella fallstudien. En sista förutsättning är att man har valt att inte inkludera vindkryss och takåsar i själva modellen. För att det ska bli korrekt när man ritat ut lasterna för respektive simuleringmodell, har man även tagit bort de laster som kommer från gaveln som vanligtvis fördelas av takåsarna och vidare till vindkryssen. Slutligen bör det nämnas att man enbart valt att jämföra BKR13 med EKS10, då ändringarna mellan de olika EKS-versionerna (från EKS7 till EKS10) med hänsyn till den befintliga fallstudiens takkonstruktion och snö- och vindlaster såväl som lasternas respektive formfaktorer, inte ändrats markant för att ha någon verklig betydelse förrän i EKS10.

## Resultat och diskussion

Samtliga resultat från de 8 olika simuleringarna visas i tabell 1, se nästa sida. Resultaten representerar de 4 parametrarna som samtliga är tagna från den andra ramen för respektive simuleringmodell. I figur 2–5, på nästa sida, visas ett typexempel för fallet "Sörmland" i Fem-Design version 17 där man kan se var de 4 parametrarna (reaktionskrafter, normalkrafter, tvärkrafter och moment) är tagna från.

Samtliga resultat från alla 4 klimatzoner visar att där skett en relativ ökning på cirka 20 % (lägsta procentsats 115,5 % samt högsta procentsats 127,4 %) för samtliga 4 parametrar, som man studerat genom att beräkna samma stålstomme för lantbruksbyggnaden i EKS10 istället för BKR13. Där finns ytterligare 3 observationer som

man kan läsa av från resultaten presenterade i tabell 1. Den första fokuserar kring den relativa ökningen mellan BKR13 och EKS10. Här verkar det som att den största ändringen för reaktionskrafterna sker med ökad vindkraft. Detta ses tydligast genom att jämföra skillnaden mellan fallet "Sörmland"

och fallet "Småland" där snön ökar med 0.5 kN/m<sup>2</sup> och inga större skillnader sker i procentsatserna. Medan skillnaden mellan fallet "Sörmland" och fallet "Skåne", där snön minskat med 0.5 kN/m<sup>2</sup> och vinden ökat med 2 m/s leder till ökade procentsatser. Detta bekräftas ytterligare när man jämför

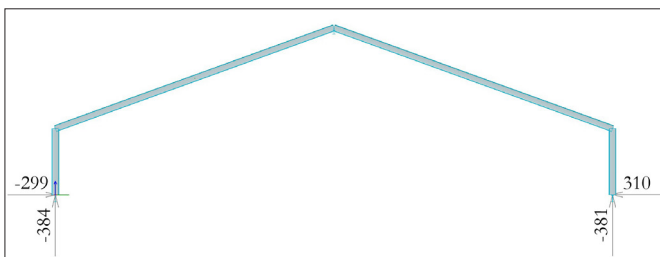
fallet "Sörmland" med fallet "Norrland", där vind sänks med 1 m/s och snön ökar med 1.5 kN/m<sup>2</sup>, så är det fortfarande vindens värde som driver procentsatserna, vilket i detta fall, resulterar i en mindre ökning i den relativa ökningen.

Nästa observation kan ses när man fokuserar på enbart BKR13-värdena för samtliga fyra klimatzoner. Här ser man det tydligt, att när snön ökar med enbart 0.5 kN/m<sup>2</sup> (jämför fallen "Sörmland" och "Småland"), så ökar samtliga parametrar kraftigt. Studerar man resultaten från fallet "Sörmland" i jämförelse med fallet "Skåne", där snön minskar med 0.5 kN/m<sup>2</sup> och vinden ökar med 2 m/s, så har samtliga värden minskat rejält för de fyra parametrarna. Detta skulle kunna indikera att det är snön som driver krafternas ökning/sänkning. Jämför man fallen "Sörmland" och "Norrland", får man detta ytterligare bekräftat då samtliga värden ökar rejält när snön ändras till 3.5 kN/m<sup>2</sup>, fastän vinden sänks här aningen från 24 m/s till 23 m/s. Sista observationen ses när man fokuserar på enbart EKS10-värdena för samtliga fyra klimatzoner. Här kan man finna samma trend som när man enbart jämför BKR-värdena för samtliga fyra klimatzoner. Med andra ord, snön verkar ha större betydelse för de enskilda värdena i varje simuleringsfall medan vinden verkar ha större betydelse för den relativa ökningen mellan BKR13 och EKS10.

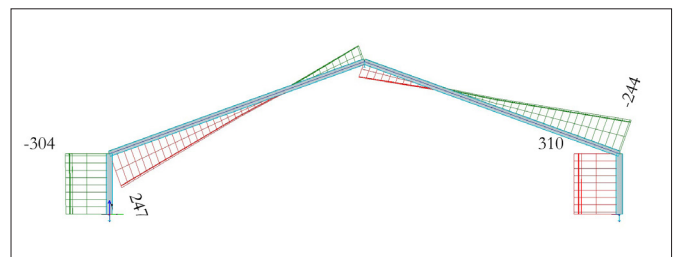
Tabell 1. Resultat från samtliga klimatzoner för simulering i Fem-Design version 17, Fem-Design version 8 samt relativa ökningen i procent från BKR13 till EKS10.

Klimatzon		Reaktionskraft [kN]		Normalkraft [kN]		Tvärkraft z-led [kN]		Moment y-led [kNm]
		PelareB Vertikal	PelareB Horisontell	BalkB Vertikal	PelareT Horisontell	BalkB Vertikal	PelareT Horisontell	Rambörn
Fem-Design V17 [EKS10]	Sörmland <sup>a)</sup>	384	310	413	373	247	310	1285
	Skåne <sup>b)</sup>	313	252	335	301	200	252	1044
	Småland <sup>c)</sup>	459	371	495	447	297	371	1536
	Norrland <sup>d)</sup>	605	491	656	594	395	491	2034
Fem-Design V8 [BKR13]	Sörmland <sup>a)</sup>	321	264	351	310	198	264	1093
	Skåne <sup>b)</sup>	258	210	279	248	157	210	871
	Småland <sup>c)</sup>	384	318	422	373	239	318	1315
	Norrland <sup>d)</sup>	509	425	565	498	320	425	1759
Relativ ökning [%] från BKR13 till EKS10	Sörmland <sup>a)</sup>	119,6 %	117,4 %	117,7 %	120,3 %	124,7 %	117,4 %	117,6 %
	Skåne <sup>b)</sup>	121,3 %	120 %	120,1 %	121,4 %	127,4 %	120 %	119,9 %
	Småland <sup>c)</sup>	119,5 %	116,7 %	117,3 %	119,8 %	124,3 %	116,7 %	116,8 %
	Norrland <sup>d)</sup>	118,9 %	115,5 %	116,1 %	119,3 %	123,4 %	115,5 %	115,6 %

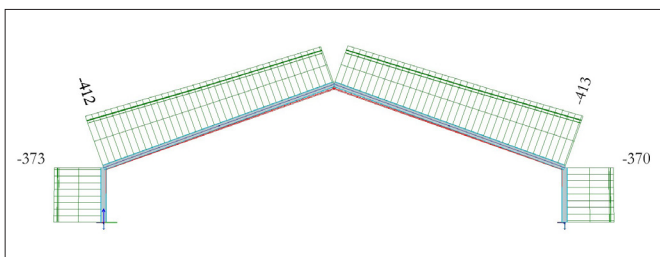
<sup>a)</sup> Sörmland [Snölastzon 2.0 kN/m<sup>2</sup>, vindreferens 24 m/s, terrängtyp 2]; <sup>b)</sup> Skåne [Snölastzon 1.5 kN/m<sup>2</sup>, vindreferens 26 m/s, terrängtyp 2]; <sup>c)</sup> Småland [Snölastzon 2.5 kN/m<sup>2</sup>, vindreferens 24 m/s, terrängtyp 2]; <sup>d)</sup> Norrland [Snölastzon 3.5 kN/m<sup>2</sup>, vindreferens 23 m/s, terrängtyp 2].



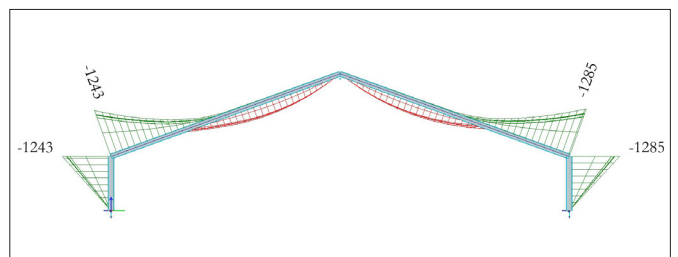
Figur 2. Reaktionskrafter [kN] för stålram med största värden taget från den simulerade modellen med fallet "Sörmland" i Fem-Design version 17.



Figur 4. Tvärkrafter [kN] i stålram (z-led) med största värden taget från den simulerade modellen med fallet "Sörmland" i Fem-Design version 17.



Figur 3. Normalkrafter [kN] i stålram med största värden taget från den simulerade modellen med fallet "Sörmland" i Fem-Design version 17.



Figur 5. Moment [kNm] i stålram (y-led) med största värden taget från den simulerade modellen med fallet "Sörmland" i Fem-Design version 17.



Figur 6. Relativ ökning från BKR13 till EKS10 för respektive klimatzon. Medelvärden för de fyra parametrarna.

## Slutsats

Eurokodernas inverkan för dimensionerna på bärverk, kan med hjälp av denna studie visa på att samtliga fyra parametrar som man studerat, har ökat enbart genom att man börjat använda EKS10 gentemot tidigare använda BKR13. Den relativa ökningen ligger på cirka 20 %, se figur 6 för respektive klimatzon. Detta kan anses vara en tydlig indikation på att större dimensioner kommer att behövas när man bygger enligt EKS10-regelverket, i jämförelse med att bygga samma stålstomme enligt BKR13-regelverket. Det framgår även att snön verkar ha större påverkan på såväl BKR13 som EKS10, med avseende att påverka storleken på de fyra olika parametrarna som man studerat, medan vinden verkar ha större betydelse för den relativa ökningen mellan BKR13 och EKS10. Ytterligare studier måste göras för att få slutsatser som täcker andra vanliga typer av lantbruksbyggnader.

## Referenser

- Boverket. (1997). Boverkets handbok om snö- och vindlast utgåva 2. BSV97. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2010). Boverkets föreskrifter om ändring i verkets konstruktionsregler (1993:58) – föreskrifter och allmänna råd; BFS 2010:2 BKR13. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2011). Erfarenheter från takras i Sverige vintrarna 2009/10 och 2010/11. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2016). Boverkets konstruktionsregler, EKS 10. Karlskrona: Boverket.
- Nilsson, C. & Friberg, O. (2011). Ras och skador på ekonomibygnader på grund av snölast vintrarna 2009/2010 och 2010/2011. Alnarp: Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 2011:33.
- Paulsson, H. A. & Engström, C. (2018). Byggregler – en historisk översikt. Boverket. Hämtad 2019-01-15 från [https://www.boverket.se/contentassets/ba75fc25915f4a79bad02ff6e9a5eb02/aldre-byggregler-2018-12-28.pdf].

- Svensk Standard. (2005). SS-EN 1991-1-3. Eurokod 1 – Laster på bärverk – Del 1-3: Allmänna laster – Snölast. Stockholm: SIS Förlag AB.
- Svensk Standard. (2015). SS-EN 1991-1-4:2005. Eurokod 1: Laster på bärverk – Del 1-4: Allmänna laster – Vindlast. Stockholm: SIS Förlag AB.
- Svensk Standard. (2016a). SS-EN 1991-1-3/AC:2009. Eurokod 1 – Laster på bärverk – Del 1-3: Allmänna laster – Snölast. Stockholm: SIS Förlag AB.
- Svensk Standard. (2016b). SS-EN 1991-1-3/A1:2015. Eurokod 1 – Laster på bärverk – Del 1-3: Allmänna laster – Snölast. Stockholm: SIS Förlag AB.
- Svensk Standard. (2016c). SS-EN 1991-1-4:2005/AC:2010. Eurokod 1: Laster på bärverk – Del 1-4: Allmänna laster – Vindlast. Stockholm: SIS Förlag AB.
- Svensk Standard. (2016d). SS-EN 1991-1-4:2005/A1:2010. Eurokod 1: Laster på bärverk – Del 1-4: Allmänna laster – Vindlast. Stockholm: SIS Förlag AB.

- Faktabladet är utarbetat inom LTV-fakultetens område teknologi för animalie- och växtproduktion vid Institutionen för Biosystem och Teknologi. <https://www.slu.se/institutioner/biosystem-teknologi/forskning/teknologi/>
- Projektet är samfinansierat av Abetong AB och Partnerskap Alnarp. <https://www.abetong.se/sv>. <http://partnerskapalnarp.slu.se/pub/>
- Huvudförfattare/projektansvarig: Hussein Agha, [husein.agma@slu.se](mailto:husein.agma@slu.se), Institutionen för Biosystem och Teknologi
- Medförfattare: Knut-Håkan Jeppsson, [knut-hakan.jeppsson@slu.se](mailto:knut-hakan.jeppsson@slu.se), Institutionen för Biosystem och Teknologi
- Granskare av beräkningar: Erik Wårme, [erik.warmer@abetong.se](mailto:erik.warmer@abetong.se), Division Lantbruk, Konstruktion
- Reproenheten i Alnarp har redigerat detta faktablad
- På webbadressen <https://epsilon.slu.se/> kan detta faktablad hämtas elektroniskt