



Strål  
säkerhets  
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Författare: Petter von Unge

Forskning

2016:35

Säkerhetsvärdering mot plastisk  
kollaps vid skadetålighetsanalyser



## SSM perspektiv

### Bakgrund

Proceduren som används för brottmekanisk analys av defekter och inspektionsintervall för komponenter i svenska kärntekniska anläggningar utgår från den brittiska R6-metoden men är vidareutvecklad för att ha ett säkerhetsvärderingssystem som är kompatibelt med säkerhetskraven som uttrycks i den amerikanska tryckkärlsstandarden ASME Boiler & Pressure Vessel Code avseende haveri-moderna sprött brott och plastisk kollaps.

I ASME XI 2001 (Addenda 2002) uppdaterades metodiken för genomförande av skadetålighets-analyser för rörsystem. Vid uppdateringen utfördes flera stora förändringar kring hur säkerhetsvärderingen gentemot plastisk kollaps hanteras. Bl.a. infördes en ny flytspänningsdefinition som stämmer bättre med experimentella tester. Det finns därför ett behov att uppdatera säkerhetsvärderingssystemet som ska användas tillsammans med R6-metoden för att ta hänsyn till dessa förändringar.

### Syfte

Syftet har varit att göra jämförelser mellan R6-metoden och ASME, avsnitt III och XI och föreslå ett nytt säkerhetsvärderingssystem mot plastisk kollaps som i största möjliga mån är kompatibelt med säkerhetskraven i den senaste utgåvan av ASME III och XI.

### Resultat

I stället för att ha fast angivna säkerhetsfaktorer föreslås i rapporten att direkt beräkna dessa utifrån aktuella materialdata för använt material. Detta kräver att både flytspänning och det s.k. Sm-värdet först beräknas. Jämförande studier i rapporten med det nya säkerhetsvärderingssystemet visar på en mycket god överensstämmelse med den nya utgåvan av ASME III och XI. Resultaten innebär i vissa fall att mindre konservativa faktorer är möjliga att använda eftersom de tar hänsyn till de specifika materialegenskaperna.

Via det tillhörande datorprogrammet ProSACC kommer den uppdaterade metoden att användas av de svenska kärnkraftbolagen, olika konsulter samt av SSM för att göra säkerhetsbedömningar av komponenter med sprickor som ett led att uppfylla 2 kap. 6 §, SSMFS 2008:13 när skador påträffas.

### Behov av ytterligare forskning

Inget omedelbart behov av fortsatt forskning bedöms föreligga i denna fråga.

### Projekt information

Kontaktperson SSM: Björn Brickstad

Referens: SSM2015-3852





Strål  
säkerhets  
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Författare: Petter von Unge  
Inspecta Technology AB, Stockholm

# 2016:35

## Säkerhetsvärdering mot plastisk kollaps vid skadetålighetsanalyser

Datum: November 2016

Rapportnummer: 2016:35 ISSN: 2000-0456

Tillgänglig på [www.stralsakerhetsmyndigheten.se](http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se)

Denna rapport har tagits fram på uppdrag av Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM. De slutsatser och synpunkter som presenteras i rapporten är författarens/författarnas och överensstämmer inte nödvändigtvis med SSM:s.

# Säkerhetsvärdering mot plastisk kollaps vid skadetålighetsanalyser

## Summary:

Proceduren som används för brottmekanisk analys av defekter och inspektionsintervall för komponenter i svenska kärntekniska anläggningar utgår från FAD-analys enligt R6-metoden, men är vidareutvecklad för att ha ett säkerhetsvärderingssystem som är kompatibelt med säkerhetskraven som uttrycks i ASME avseende haverimoderna sprött brott samt plastisk kollaps.

I ASME XI 2001 Addenda 2002 uppdaterades metodiken för beräkning av skadetålighetsanalyser för rörsystem. Vid uppdateringen skedde flera stora förändringar kring hur säkerhetsvärderingen gentemot plastisk kollaps hanteras.

Skillnader mellan de olika upplagorna av ASME XI jämförs och metodiken för hur det nya säkerhetsvärderingssystemet är framtaget studeras.

En alternativ metod för att få en bättre koppling till ASME III föreslås för den svenska proceduren och ett antal kontrolljämförelser utförs.

# Innehåll

1. Beteckningar .....	3
2. Inledning.....	4
3. Uppdatering i ASME XI.....	5
4. Flytspänning .....	5
4.1 Definitioner .....	5
4.1.1 Jämförelser .....	6
5. Säkerhetsfaktorer .....	7
5.1 Definitioner .....	7
5.2 Härledning av ekvationer för uppdaterade säkerhetsfaktorer .....	8
5.2.1 Säkerhetsfaktorer mot membranspänning .....	8
5.2.2 Säkerhetsfaktorer mot böjspänning.....	10
5.3 Framtagande av säkerhetsfaktorer.....	12
6. Rekommendationer .....	13
6.1 Säkerhetsmarginal mot membranspänning .....	13
6.2 Säkerhetsmarginal mot global böjspänning.....	13
7. Jämförelsestudier .....	14
7.1 Axiella sprickor .....	14
7.1.1 Tillåtet inre tryck utan spricka.....	14
7.1.2 Exempelberäkning med spricka .....	15
7.2 Omkretssprickor .....	15
8. Slutsatser .....	16
9. Referenser.....	18



# 1. Beteckningar

$a$	Sprickdjup, mm
$C_p$	Säkerhetsfaktor mot ren membranspänning enligt ASME III
$B_1$	Spänningsindex för inre tryck
$B_2$	Spänningsindex för global böjning
$D_o$	Ytterdiameter, mm
$f_1$	Säkerhetsfaktor mot kombinerad last enligt ASME III kombinerad med $S_m$
$f_2$	Säkerhetsfaktor mot kombinerad last enligt ASME III kombinerad med $\sigma_y$
$I$	Yttröghetsmoment, mm <sup>4</sup>
$L_{r,accept}^{max}$	Acceptabel gränslast mot plastisk kollaps
$L_{r,crit}^{max}$	Kritisk gränslast mot plastisk kollaps
$M_2$	Utbuktningfaktor för axiella sprickor enligt ASME XI Appendix C
$M_b$	Böjmoment, Nmm
$M_i$	Resultande moment utifrån mekaniska designlaster enligt ASME III, Nmm
$p$	Inre tryck, MPa
$P_a$	Tillåtet inre tryck, MPa
$R_i$	Innerradie, mm
$S_c$	Tillåten böjspänning, MPa
$S_m$	Spänningsintensitet vid design, MPa
$SF$	Säkerhetsfaktor mot plastisk kollaps
$SF_m$	Säkerhetsfaktor mot plastisk kollaps för membranlast
$SF_b$	Säkerhetsfaktor mot plastisk kollaps för global böjning
$t$	Vägg tjocklek, mm
$\beta$	Vinkel mot neutralaxel för omkretssprickor, radianer
$\theta$	Sprickvinkel för omkretssprickor, radianer
$\sigma_b$	Böjspänning, MPa
$\sigma_b^c$	Böjspänning vid begynnande plastisk kollaps, MPa
$\sigma_m$	Membranspänning, MPa
$\sigma_h$	Omkretsspänning, MPa
$\sigma_h^{III}$	Omkretsspänning enligt ASME III, MPa
$\sigma_h^{XI}$	Omkretsspänning enligt ASME XI, MPa
$\sigma_y$	Sträckgräns, MPa
$\sigma_y^{20^\circ C}$	Sträckgräns vid rumstemperatur, MPa
$\sigma_y^T$	Sträckgräns vid aktuell temperatur, MPa
$\sigma_u^{20^\circ C}$	Brottgräns vid rumstemperatur, MPa
$\sigma_u^T$	Brottgräns vid aktuell temperatur, MPa
$\sigma_f$	Flytspänning, MPa

## 2. Inledning

Proceduren som används för brottmekanisk analys av defekter och inspektionsintervall för komponenter i svenska kärntekniska anläggningar utgår från FAD-analys enligt R6-metoden [1], men är vidareutvecklad för att ha ett säkerhetsvärderingssystem som är kompatibelt med säkerhetskraven som uttrycks i ASME avseende haverimoderna sprött brott samt plastisk kollaps.

I ASME XI 2001 Addenda 2002 [5] uppdaterades metodiken för beräkning av skadetålighetsanalyser för rörsystem enligt [7]. Vid uppdateringen utfördes flera stora förändringar kring hur säkerhetsvärderingen gentemot plastisk kollaps hanteras.

Den svenska proceduren för brottmekanisk analys av komponenter i kärntekniska anläggningar inklusive beräkningsverktyget ProSACC är under uppdatering. I proceduren ingår ett säkerhetsvärderingssystem som är utvecklat för kompatibilitet med kraven i ASME III [3] och ASME XI avseende plastisk kollaps samt brott. Detta säkerhetsvärderingssystem togs fram 1996 [8] och i samband med den pågående uppdateringen av ProSACC har det framkommit att förändringar i ASME XI sedan 2001 bör beaktas för att upprätthålla ett säkerhetsvärderingssystem med hög kompatibilitet med kraven i ASME III avseende plastisk kollaps.

Säkerhetsvärderingen mot plastisk kollaps i ASME XI kan delas upp i två komponenter; dels flytspänning,  $\sigma_f$ , och dels en säkerhetsfaktor,  $SF$ . Dessa två kombineras för att ge ett maximalt acceptabelt gränsvärde mot plastisk kollaps,  $L_{r,accept}^{max}$ , enligt

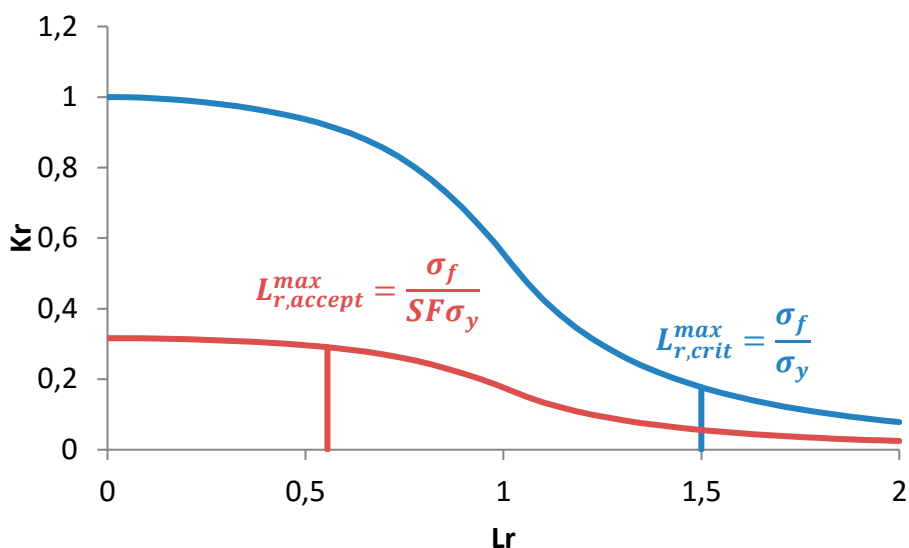
$$L_{r,accept}^{max} = \frac{\sigma_f}{SF\sigma_y} \quad (1)$$

Utan säkerhetsfaktorer erhålls även ett kritiskt gränsvärde mot plastisk kollaps,  $L_{r,crit}^{max}$ , enligt

$$L_{r,crit}^{max} = \frac{\sigma_f}{\sigma_y} \quad (2)$$

Det är viktigt att poängtera att det finns en mycket stark koppling mellan flytspänning och säkerhetsfaktorer, vilket framgår i avsnitt 5.2. Det är därmed inte lämpligt att kombinera olika definitioner av flytspänning med säkerhetsfaktorer framtagna på olika sätt.

Gränsvärdena mot plastisk kollaps illustreras i kombination med R6-kurvan i Figur 1. Där kan det ses att den kritiska gränsen mot plastisk kollaps helt styrs av definitionen på flytspänning medan den acceptabla även inkluderar säkerhetsfaktorerna.



**Figur 1.** Failure Assessment Diagram (FAD) med uttryck för gränser mot plastisk kollaps.

### 3. Uppdatering i ASME XI

I ASME XI 2001 Addenda 2002 infördes omfattande uppdatering av avsnitt IWB-3640 samt IWB-3650 med tillhörande Appendix C och H vilka hanterar skadetålighetsanalyser av austenitiska respektive ferritiska rörsystem. Avsnitten kombinerades till ett gemensamt uppdaterat avsnitt IWB-3640 med tillhörande Appendix C som behandlar både austenitiska och ferritiska rörsystem. Detta beskrivs i bakgrundsdokumentet till uppdateringen [7].

Vid uppdateringen ändrades säkerhetsvärderingen mot plastisk kollaps markant. Det huvudsakliga motivet till detta är enligt [7] att få en bättre överensstämmelse med ASME III [3].

Flytspänningsdefinitionen är även ändrad för att få en bättre överensstämmelse med experiment utförda på rörkomponenter med sprickor.

## 4. Flytspänning

### 4.1 Definitioner

Före uppdateringen i ASME XI användes flytspänningsdefinitioner baserade på spänningsintensiteten vid design,  $S_m$ , vilken används för tillåtna gränsvärden i ASME III. Efter uppdateringen används istället medelvärdet mellan sträck- och brottgräns vid aktuell temperatur som definition för flytspänning, vilket är samma definition som rekommenderas i R6-dokumentet [1].

Definitionerna av flytspänning kan sammanfattas som

$$\sigma_f = \begin{cases} 2.4S_m & \text{Gamla ASME XI - ferritiska material} \\ 3.0S_m & \text{Gamla ASME XI - austenitiska material} \\ \frac{\sigma_y^T + \sigma_u^T}{2} & \text{Nya ASME XI / R6} \end{cases} \quad (3)$$

där  $S_m$ -värdet för ferritiska material definieras enligt

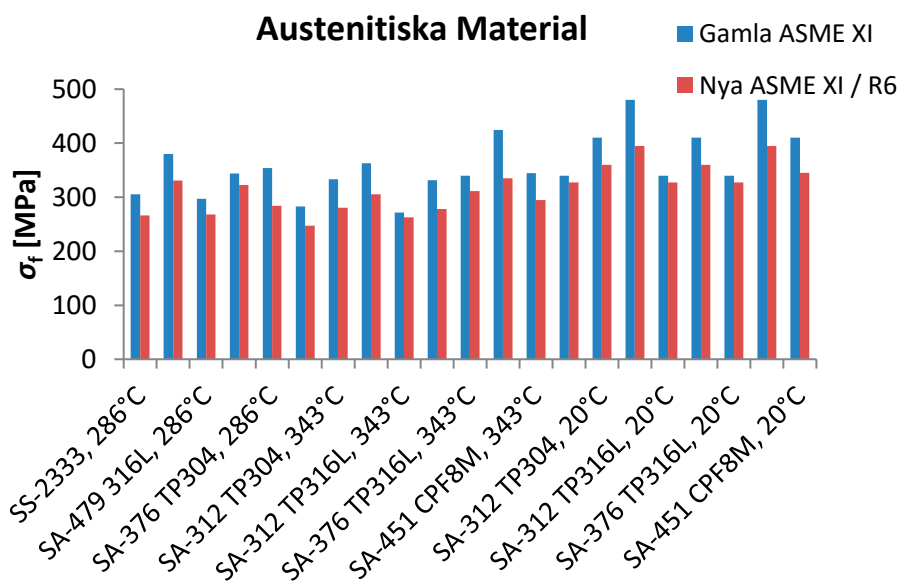
$$S_m = \min\left[\frac{2}{3}\sigma_y^{20^\circ\text{C}}, \frac{1}{3}\sigma_u^{20^\circ\text{C}}, \frac{2}{3}\sigma_y^T, \frac{1}{3}\sigma_u^T\right] \quad (4)$$

och för austenitiska enligt

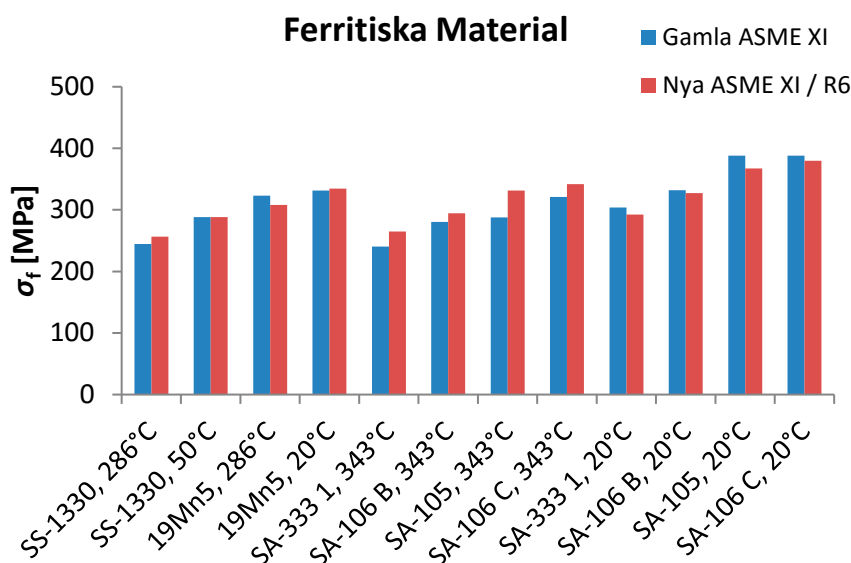
$$S_m = \min\left[\frac{2}{3}\sigma_y^{20^\circ\text{C}}, \frac{1}{3}\sigma_u^{20^\circ\text{C}}, 0.9\sigma_y^T, \frac{1}{3}\sigma_u^T\right] \quad (5)$$

#### 4.1.1 Jämförelser

De olika flytspänningsdefinitionerna jämförs för ett urval austenitiska och ferritiska material med minfordrade materialdata vid olika temperaturer i Figur 2 respektive Figur 3.



**Figur 2.** Jämförelse av flytspänning för ett antal austenitiska material vid olika temperaturer.



**Figur 3.** Jämförelse av flytspänning för ett antal ferritiska material vid olika temperaturer.

Vid jämförelse framgår det att den nyare flytspänningsdefinitionen är mer konservativ för alla kontrollerade austenitiska material medan skillnaden inte är lika stor och inte konsekvent konservativ för ferritiska material.

## 5. Säkerhetsfaktorer

### 5.1 Definitioner

De säkerhetsfaktorer som tidigare använts i den svenska proceduren [1] sammanställs i Tabell 1 där de som anges för austenitiska material kommer från den äldre versionen av ASME XI [4]. I [4] används samma säkerhetsfaktorer även för ferritiska material vilket är en konservativ förenkling.

Säkerhetsfaktorerna för ferritiska material i Tabell 1 togs för den svenska proceduren fram i [8] enligt samma metodik som de austenitiska för att få en bättre överensstämmelse för ferritiska material gentemot ASME III. Orsaken till de olika säkerhetsfaktorerna för ferritiska och austenitiska material beror på definition av flytspänning och det kan ses att skillnaden är proportionell mot denna skillnad ( $2.4S_m/3.0S_m$ ).

**Tabell 1.** Säkerhetsfaktorer mot plastisk kollaps enligt aktuell upplaga av den brottmekaniska handboken [1]

Lastnivå	Ferritiska material		Austenitiska material	
	Omkretssprickor	Axielsprickor	Omkretssprickor	Axielsprickor
A/B	2.22	2.40	2.77	3.00
C/D	1.11	1.20	1.39	1.50

Vid uppdatering av ASME XI [6] ändras säkerhetsfaktorerna på ett antal sätt till de angivna i Tabell 2. Separata säkerhetsfaktorer tas fram för membran- och böjspänningar och samtliga fyra lastnivåer A, B, C och D beaktas.

**Tabell 2.** Säkerhetsfaktorer mot plastisk kollaps framtagna i [7] och använda i aktuell version av ASME XI

Lastnivå	Membran	Böj
A	2.7	2.3
B	2.4	2.0
C	1.8	1.6
D	1.3	1.4

Flera skillnader finns mellan de nya och äldre säkerhetsfaktorerna. Väsentliga skillnader är att de senare är separerade i säkerhetsfaktorer gentemot membranlast och global böjning. De tidigare togs även dessa fram separat för membranlast och global böjning där säkerhetsfaktorer för omkretssprickor valdes som medelvärdet mellan de två komponenterna, därmed skillnaden mellan axiella och omkretssprickor.

Samtliga fyra lastnivåer enligt ASME III beaktas för de nya säkerhetsfaktorerna medan säkerhetsfaktorer för lastnivå A och B samt C och D beaktades gemensamt i den tidigare versionen. Där används säkerhetsfaktorer för lastnivå A konservativt för lastnivå B medan säkerhetsfaktorer för lastnivå D underkonservativt används för lastnivå C.

## 5.2 Härledning av ekvationer för uppdaterade säkerhetsfaktorer

De säkerhetsfaktorer som presenteras i [7] är framtagna genom att koppla samman beräkningsmetoder i ASME III med motsvarande beräkningsmetoder i ASME XI med obefintlig spricka. I följande avsnitt beskrivs tillvägagångssättet för detta i detalj för säkerhetsfaktorer mot membran- respektive globala böjspänningar.

### 5.2.1 Säkerhetsfaktorer mot membranspänning

Säkerhetsfaktorer för membranspänning baseras på jämförelse av beräkning för tillåtet inre tryck,  $P_a$ , enligt ASME III NB-3641.1 ekvation (3) [3] och ASME XI Appendix C-5420 ekvation (8) [6].

Ekvation (3) i ASME III ger för designlastfall

$$P_a = \frac{2S_m t}{D_o - 2yt} \quad (6)$$

där  $y = 0.4$ ,  $D_o$  är ytterdiametern och  $t$  är vägg tjockleken. Med säkerhetsfaktorer beroende på lastnivå,  $C_p$ , och ytterdiametern ersatt med innerradien,  $R_i$ , kan denna skrivas om som

$$P_a = \frac{S_m t C_p}{R_i + 0.6t} \quad (7)$$

Säkerhetsfaktorn mot membranspänning enligt ASME III beroende på lastnivå är

$$C_p = \begin{cases} 1.0 & \text{Lastnivå A} \\ 1.1 & \text{Lastnivå B} \\ 1.5 & \text{Lastnivå C} \\ 2.0 & \text{Lastnivå D} \end{cases} \quad (8)$$

Om omkretsspänningen enligt ASME III,  $\sigma_h^{III}$ , löses ut ur ekvation (7) kan denna skrivas om som

$$\sigma_h^{III} = S_m C_p \quad (9)$$

där omkretsspänningen utifrån inre tryck,  $p$ , definieras som

$$\sigma_h^{III} = \frac{p(R_i + 0.6t)}{t} \quad (10)$$

Ekvation (8) i ASME XI Appendix C är

$$\sigma_h = \frac{\sigma_f}{SF_m} \left[ \frac{1 - \frac{a}{t}}{1 - \frac{(\frac{a}{t})}{M_2}} \right] \quad (11)$$

Där  $SF_m$  är säkerhetsfaktorn mot membranspänningar i ASME XI och  $a$  är sprickdjupet.  $M_2$  är en utbuktningfaktor för axiella sprickor som inte är av intresse här, men kan ses i [6]. Utan spricka kan (11) skrivas om för omkretsspänningen enligt ASME XI,  $\sigma_h^{XI}$ , som

$$\sigma_h^{XI} = \frac{\sigma_f}{SF_m} \quad (12)$$

I ASME XI Appendix C definieras omkretsspänningen utifrån inre tryck som

$$\sigma_h^{XI} = \frac{p(R_i + 0.5t)}{t} \quad (13)$$

Då säkerhetsfaktorn mot plastisk kollaps för membranspänning enligt ASME XI löses ut från ekvation (12) och uttrycket för omkretsspänning enligt ekvation (9) infogas fås

$$SF_m = \frac{\sigma_f}{S_m C_p} \quad (14)$$

Det bör noteras att olika definition av omkretsspänning används i ASME III och ASME XI Appendix C. Utöver detta har även definitionen på omkretsspänning ändrats i ASME XI Appendix C i samband med uppdatering av säkerhetsvärdering. Definitioner på omkretsspänning för inre övertryck är

$$\sigma_h = \begin{cases} \frac{p(R_i + 0.6t)}{t} & \text{ASME III} \\ \frac{p(R_i + t)}{t} & \text{Gamla ASME XI} \\ \frac{p(R_i + 0.5t)}{t} & \text{Nya ASME XI} \end{cases} \quad (15)$$

Val av definition på omkretsspänning har stor betydelse för överensstämmelsen mellan beräkningar enligt ASME III jämfört med ASME XI vilket visas i avsnitt 7.

## 5.2.2 Säkerhetsfaktorer mot böjspänning

Säkerhetsfaktorer mot böjspänning tas fram på liknande sätt som för membranspänning. Här kombineras istället ekvationer för axiella spänningar i rör enligt ASME III [3] och ASME XI [6]. Med gränsvärden beroende på lastnivå kan ekvation (9) i ASME III NB-3652 skrivas som

$$B_1 \frac{pD_o}{2t} + B_2 \frac{D_o}{2I} M_i \leq \min[f_1 S_m, f_2 \sigma_y] \quad (16)$$

där säkerhetsmarginalerna  $f_1$  och  $f_2$  väljs enligt Tabell 3.  $B_1$  och  $B_2$  är spänningsindex vilka för ett rårör är 0.5 respektive 1.0.  $M_i$  är moment och  $I$  yttröghetsmomentet.

**Tabell 3.** Säkerhetsmarginaler mot kombinerad membran och böjning enligt ASME III [3]

	A	B	C	D
$f_1$	1.5	1.8	2.25	3.0
$f_2$	Ej angivet	1.5	1.8	2.0

Om ett rårör enbart belastat i ren böjning,  $M_b$ , antas kan ekvation (16) förenklas till

$$\frac{D_o}{2I} M_b = \sigma_b \leq \min[f_1 S_m, f_2 \sigma_y] \quad (17)$$



där  $\sigma_b$  är global böjspänning. Utifrån detta fås gränsvärdet mot böjning,  $S_c$ , enligt ASME III som

$$S_c = \begin{cases} f_1 S_m & \text{om } f_1 S_m \leq f_2 \sigma_y \\ f_2 \sigma_y & \text{om } f_1 S_m > f_2 \sigma_y \end{cases} \quad (18)$$

Ekvation (5) i ASME XI Appendix C-5321 ger att

$$S_c = \frac{\sigma_b^c}{SF_b} - \sigma_m \left[ 1 - \frac{a}{SF_m} \right] \quad (19)$$

Där  $\sigma_m$  är membranspänning i axiell riktning och  $SF_b$  är säkerhetsfaktorn mot plastisk kollaps enligt ASME XI. Om ren böjning beaktas kan detta förenklas till

$$S_c = \frac{\sigma_b^c}{SF_b} \quad (20)$$

För korta sprickor gäller

$$\sigma_b^c = \frac{2\sigma_f}{\pi} \left[ 2 \sin \beta - \frac{a}{t} \sin \theta \right] \quad (21)$$

Där  $\theta$  är sprickvinkeln och  $\beta$  är vinkeln mot neutralaxeln vilken fås enligt

$$\beta = \frac{1}{2} \left( \pi - \frac{a}{t} \theta - \pi \frac{\sigma_m}{\sigma_f} \right) \quad (22)$$

Om ren böjning och ingen spricka antas kan detta förenklas till

$$\sigma_b^c = \frac{4\sigma_f}{\pi} \quad (23)$$

Kombineras nu gränsvärdena från ASME III och XI fås

$$SF_b = \begin{cases} \frac{4}{\pi} \cdot \frac{\sigma_f}{f_1 S_m} & \text{om } f_1 S_m \leq f_2 \sigma_y \\ \frac{4}{\pi} \cdot \frac{\sigma_f}{f_2 \sigma_y} & \text{om } f_1 S_m > f_2 \sigma_y \end{cases} \quad (24)$$

För att förenkla detta ytterligare antas i [7] att  $S_m = 0.9\sigma_y$ . Detta medför att uttrycket ytterligare kan förenklas till

$$SF_b = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{\sigma_f}{f S_m} \quad (25)$$

där  $f$  väljs som

$$f = \begin{cases} f_1 & \text{om } f_1 S_m \leq f_2 \sigma_y \\ \frac{f_2}{0.9} & \text{om } f_1 S_m > f_2 \sigma_y \end{cases} \quad (26)$$

Antagandet som införs i ekvation (25) är en förenkling av förhållandet mellan  $S_m$  och sträckgränsen baserat på definitionen av  $S_m$  för austenitiska material enligt (5). Detta antagande stämmer inte för alla austenitiska material vid alla temperatur och de stämmer aldrig för ferritiska material.

### 5.3 Framtagande av säkerhetsfaktorer

Utifrån ekvationer (14) och (26) samt motsvarande ekvationer för klass 2 och 3 system (vilka inte studeras närmare här) beräknas i [7] säkerhetsfaktorer för åtta austenitiska och fyra ferritiska rörmaterial fram vid 343°C (650°F). Resultaten utifrån detta presenteras i Tabell 4 och Tabell 5 för membran- respektive global böjspänning och utgör grunden för val av säkerhetsfaktorer i nya ASME XI.

**Tabell 4.** Sammanställning av säkerhetsfaktorer mot membranspänning från [7]

Lastnivå	Värde	Austenitisk klass 1	Ferritisk klass 1	Austenitisk klass 2 och 3	Ferritisk klass 2 och 3
A	Minimum	2.37	2.51	2.60	2.90
A	Medel	2.60	2.70	2.64	2.97
A	Maximum	2.89	2.76	2.73	3.02
B	Minimum	2.15	2.28	2.36	2.63
B	Medel	2.35	2.41	2.40	2.70
B	Maximum	2.62	2.51	2.48	2.74
C	Minimum	1.58	1.67	1.73	1.93
C	Medel	1.72	1.77	1.76	1.98
C	Maximum	1.92	1.84	1.82	2.01
D	Minimum	1.18	1.26	1.30	1.45
D	Medel	1.30	1.30	1.32	1.49
D	Maximum	1.44	1.38	1.36	1.51

**Tabell 5.** Sammanställning av säkerhetsfaktorer mot global böjspänning från [7]

Lastnivå	Värde	Austenitisk klass 1	Ferritisk klass 1	Austenitisk klass 2 och 3	Ferritisk klass 2 och 3
A	Minimum	2.01	2.13	2.21	2.46
A	Medel	2.19	2.25	2.24	2.52
A	Maximum	2.45	2.34	2.32	2.56
B	Minimum	1.81	1.78	1.85	2.05
B	Medel	1.98	1.88	1.98	2.10
B	Maximum	2.20	1.95	2.20	2.13
C	Minimum	1.51	1.42	1.51	1.64
C	Medel	1.65	1.5	1.65	1.68
C	Maximum	1.84	1.56	1.84	1.71
D	Minimum	1.36	1.07	1.36	1.23
D	Medel	1.50	1.10	1.48	1.26
D	Maximum	1.65	1.17	1.65	1.28

Utifrån värdena i Tabell 4 och Tabell 5 väljs medelvärden för varje lastnivå, materialtyp och klass vilket slutligen (med vissa avrundningar) resulterar i de säkerhetsfaktorer som presenteras i Tabell 2.

Det bör poängteras att grunden för valda säkerhetsfaktorer baseras på ett ganska begränsat antal material (åtta austenitiska och fyra

ferritiska) vid hög temperatur (343°C) och att spridningen i resultat är stor.

## 6. Rekommendationer

För att eliminera materialberoendet från kopplingen till ASME III och samtidigt bevara den mer allmänna flytspänningsdefinitionen rekommenderas det att istället för att ha fast angivna säkerhetsfaktorer direkt räkna ut dessa utifrån aktuella materialdata för använt material. Detta kräver att både flytspänning och  $S_m$ -värde först beräknas. Flytspänningen fås enligt

$$\sigma_f = \frac{\sigma_y^T + \sigma_u^T}{2} \quad (27)$$

och  $S_m$ -värdet för ferritiska material definieras enligt

$$S_m = \min\left[\frac{2}{3}\sigma_y^{20^\circ\text{C}}, \frac{1}{3}\sigma_u^{20^\circ\text{C}}, \frac{2}{3}\sigma_y^T, \frac{1}{3}\sigma_u^T\right] \quad (4)$$

och för austenitiska material enligt

$$S_m = \min\left[\frac{2}{3}\sigma_y^{20^\circ\text{C}}, \frac{1}{3}\sigma_u^{20^\circ\text{C}}, 0.9\sigma_y^T, \frac{1}{3}\sigma_u^T\right] \quad (5)$$

### 6.1 Säkerhetsmarginal mot membranspänning

Ekvationen för säkerhetsfaktor mot plastisk kollaps för membranspänning,  $SF_m$ , härleds i avsnitt 5.2.1 och kan sammanfattas som

$$SF_m = \frac{\sigma_f}{S_m C_p} \quad (14)$$

där

$$C_p = \begin{cases} 1.0 & \text{Lastnivå A} \\ 1.1 & \text{Lastnivå B} \\ 1.5 & \text{Lastnivå C} \\ 2.0 & \text{Lastnivå D} \end{cases} \quad (8)$$

### 6.2 Säkerhetsmarginal mot global böjspänning

Ekvationen för säkerhetsfaktor mot plastisk kollaps för global böjspänning,  $SF_b$ , härleds till ekvation (24) i avsnitt 5.2.2. Konservativt sätts även en gräns för att denna inte får vara mindre än 1.0 enligt

$$SF_b = \max\left[1.0, \begin{cases} \frac{4}{f_1\pi} \cdot \frac{\sigma_f}{S_m} & \text{om } f_1 S_m \leq f_2 \sigma_y \\ \frac{4}{f_2\pi} \cdot \frac{\sigma_f}{\sigma_y} & \text{om } f_1 S_m > f_2 \sigma_y \end{cases}\right] \quad (28)$$

där  $f_1$  och  $f_2$  väljs enligt Tabell 6. Förenklingen enligt ekvation (25) med antagandet  $S_m = 0.9\sigma_y$  bör inte användas då denna inte gäller för alla material.

**Tabell 6.** Säkerhetsmarginaler mot global böjspänning

	A	B	C	D
$f_1$	1.5	1.8	2.25	3.0
$f_2$	1.5	1.5	1.8	2.0

Då ingen gräns finns i ASME III mot sträckgränsen ( $f_2$ ) vid lastnivå A sätts samma värde som för gränsen mot  $S_m$ -värdet ( $f_1$ ) i Tabell 6. Detta görs för att få en mer konsekvent hantering men kommer i praktiken aldrig användas då sträckgränsen alltid är högre än  $S_m$ -värdet.

## 7. Jämförelsestudier

Ett antal jämförelser utförs för att kontrollera hur de olika säkerhetsvärderingssystemen i ASME XI samt rekommendationen enligt avsnitt 6 förhåller sig gentemot ASME III. Jämförelser utförs även för den svenska proceduren [1] med de olika säkerhetsvärderingssystemen. I samtliga fall används minfordrade materialdata.

För ASME XI används upplaga 1995 [4] för att representera den tidigare metodiken för rörutvärdering och upplaga 2007 [6] för den nyare metodiken. Dessa jämförelser presenteras i Bilaga 1 till Bilaga 5 och sammanfattas här.

### 7.1 Axiella sprickor

#### 7.1.1 Tillåtet inre tryck utan spricka

Den procentuella avvikelsen för tillåtet tryck från ASME III för olika upplagor av ASME XI samt den i avsnitt 6 rekommenderade metodiken beräknas för geometrier utan spricka enligt

$$\text{Avvikelse} = \frac{(P_a - P_a^{III})}{P_a^{III}} \quad (29)$$

där  $P_a$  är det tillåtna trycket enligt ASME XI alternativt rekommendationen i avsnitt 6 och  $P_a^{III}$  är det tillåtna trycket enligt ASME III.

För rekommendationer enligt avsnitt 6 används i övrigt metodik inklusive definition av omkretsspänning enligt den nyare upplagan av ASME XI (se ekvation (15)).

Jämförelsen är utförd för ett antal geometrier och material vid olika temperaturer och sammanställs i Bilaga 1.

Resultaten kan sammanfattas med att mycket god överensstämmelse fås för rekommendationen enligt avsnitt 6 medan betydligt sämre överensstämmelse fås för de två upplagorna av ASME XI.

Den äldre versionen av ASME XI ger generellt konservativa resultat förutom för lastnivå C där tillåtna tryck är drygt 25-30 % högre än de enligt ASME III. Detta kan förklaras med att säkerhetsfaktorer som används för detta fall är baserade på lastnivå D. Den nyare versionen av ASME XI är inte lika konsekvent konservativ utan är för vissa material underkonservativ vid samtliga lastnivåer.

Samma jämförelse som i Bilaga 1 utförs även med ändringen att omkretsspänningsdefinition enligt ASME III används för samtliga metoder istället för originaldefinitionerna, se ekvation (15). Resultat för detta sammanställs i Bilaga 2.

Det kan ses att perfekt matchning fås för den rekommenderade lösningen mot ASME III. Även för den äldre versionen av ASME XI fås perfekt matchning vid lastnivå A och D. För lastnivå B och C däremot fås stora avvikelser där då dessa baseras på säkerhetsfaktorer för lastnivå A respektive D. Den nyare versionen av ASME XI ger fortfarande dålig matchning mot ASME III.

Att perfekt matchning kan fås både för rekommendationen och den äldre versionen av ASME XI beror på att båda dessa inkluderar  $S_m$ -värdet och därmed kan matchas helt mot ASME III. För den nyare versionen av ASME XI beaktas däremot inte  $S_m$ -värdet och ingen direkt koppling kan fås mellan ASME III och ASME XI.

### 7.1.2 Exempelberäkning med spricka

Beräkningar utförs för ett exempelfall med ett austenitiskt material vid bestämd geometri och last. Utnyttjandegrad mot plastisk kollaps beräknas för ASME III, ASME XI 1995 samt 2007 och för R6 metoden kombinerad med säkerhetsvärderingssystemen för ASME XI 1995 samt 2007 enligt den svenska proceduren [1] och slutligen för R6 proceduren med säkerhetsfaktorer enligt avsnitt 6.

Resultaten för detta presenteras i Bilaga 3 och i Bilaga 4 utförs samma analys fast med omkretsspänningsdefinition enligt ASME III likt avsnitt 7.1.1.

Resultaten av dessa två beräkningar ger liknande slutsatser som i avsnitt 7.1.1. värt att tillägga är att utnyttjandet enligt ASME XI ökar snabbare än för R6 med ökande sprickdjup.

## 7.2 Omkretssprickor

Tillåten global böjspänning beräknas för ASME XI samt den rekommenderade alternativa metoden för beräkning av säkerhetsfaktorer och den procentuella skillnaden gentemot motsvarande värden från ASME III jämförs sedan för ett antal material vid olika temperaturer i Bilaga 5.

Båda versioner av ASME XI skiljer markant från ASME III, i de flesta fall ger ASME XI lägre tillåten global böjspänning än ASME III men i några fall, framförallt vid lastnivå C, ger den äldre versionen högre tillåten global böjspänning. Detta då lastnivå C behandlas med säkerhetsfaktorer enligt lastnivå D.

För den äldre versionen av ASME XI är säkerhetsfaktorerna baserade på medelvärdet av säkerhetsfaktorer mot membran- och global böjspänning. Detta kan förklara varför inte perfekt matchning gentemot ASME III fås vid böjning för lastnivåer A och D likt resultaten för membranlast enligt avsnitt 7.1.1.

För den rekommenderade nya hanteringen fås perfekt matchning gentemot ASME III för samtliga fall förutom två vid lastnivå D där något konservativa resultat erhålls. Orsaken till skillnaden där är att framräknad säkerhetsfaktor blir under 1.0 men sätts till 1.0 enligt ekvation (28).

## 8. Slutsatser

Flera ändringar har skett vid uppdateringen av ASME XI som beskrivs i [7]. Både versionen före och versionen efter uppdateringen har sina för- och nackdelar. Den tidigare versionen baseras på en flytspänningsdefinition som stämmer sämre med experimentella tester än den nyare enligt [7]. Den har även en grövre uppdelning av säkerhetsfaktorer där dessa endast delas upp i två lastnivåer; A/B samt C/D och där säkerhetsfaktorer för omkretsprickor består av medelvärdet av säkerhetsfaktorerna mot membran- och global böjspänning. Säkerhetsfaktorer för austenitiska material används där även för ferritiska vilket är ett mycket konservativt antagande, något som dock är korrigerat i den svenska proceduren [1].

Den nyare versionen av ASME XI består istället av mer uppdelade säkerhetsfaktorer där samtliga fyra lastnivåer beaktas och membran- och global böjspänning helt separeras. Olika säkerhetsfaktorer för ferritiska och austenitiska material är inte heller nödvändigt då samma flytspänningsdefinition används för dessa. Avsaknaden av  $S_m$  värdet vid definition av flytspänning innebär dock att den direkta kopplingen till ASME III går förlorad och grova antaganden måste göras för att upprätthålla kopplingen.

I avsnitt 6 presenteras en metod som ämnar återskapa kopplingen mellan ASME III och ASME XI men samtidigt baseras på metodiken i den nyare versionen av ASME XI. I genomförda jämförelser visar denna på mycket god överensstämmelse med ASME III.

Benämningen säkerhetsfaktor kan vara missvisande då  $SF$  snarare är en materialbaserad matchningsfaktor gentemot säkerhetsfaktorer i ASME III. Därav är det principiellt inte fel om denna vid vissa fall blir under 1.0. Det är ändå valt att konservativt inkluderas en undre gräns på 1.0 i ekvation (28). Värden under 1.0 har endast i ett fåtal fall för

de exempelmaterial som studerats förekommit vid lastnivå D och som  
lägst har som lägst legat på 0.96.

## 9. Referenser

- [1] Dillström, P. et al, (2008), *A combined deterministic and probabilistic procedure for safety assessment of components with cracks – Handbook*, SSM Research Report 2008:01, Swedish Radiation Safety Authority
- [2] –, (2013), *Assessment of the Integrity of Structures Containing Defects*, R6 – Revision 4, EDF Energy Nuclear Generation Ltd.
- [3] –, (2013), *ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, Division 1 – Subsection NB Class 1 Components*, The American Society of Mechanical Engineers, New York, USA
- [4] –, (1995), *ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section XI, Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components*, The American Society of Mechanical Engineers, New York, USA
- [5] –, (2002), *ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section XI, Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components*, The American Society of Mechanical Engineers, New York, USA
- [6] –, (2007), *ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section XI, Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components*, The American Society of Mechanical Engineers, New York, USA
- [7] Cipolla, R., Scarth, D., Wilkowski, G., Zilberstein, V., (2001), *Technical Basis for Proposed Revision to Acceptance Criteria for ASME Section XI Pipe Flaw Evaluation*, The American Society of Mechanical Engineers, New York, USA
- [8] BRICKSTAD, B., och BERGMAN, M., (1996), *Development of safety factors to be used for evaluation of cracked nuclear components*, SAQ/FoU-Report 96/07, SAQ Kontroll AB, Stockholm

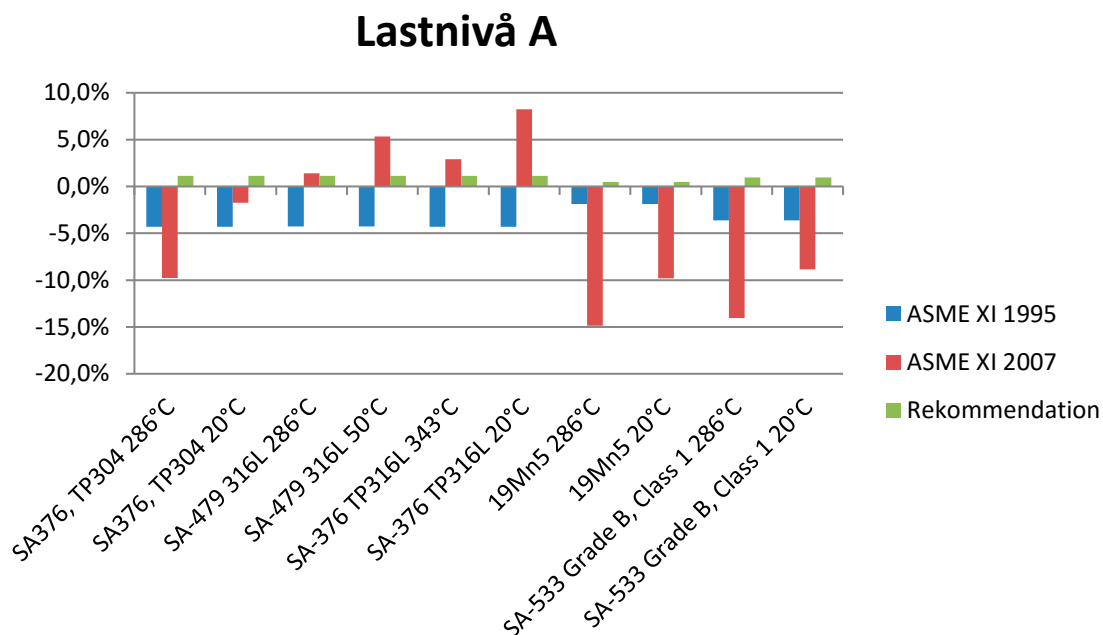


## Bilaga 1. Jämförelse – axiella sprickor

Tillåtet tryck beräknas för ASME XI samt den rekommenderade alternativa metoden för beräkning av säkerhetsfaktorer och den procentuella skillnaden gentemot motsvarande värden från ASME III jämförs sedan för ett antal material vid olika temperaturer. Skillnaden beräknas enligt

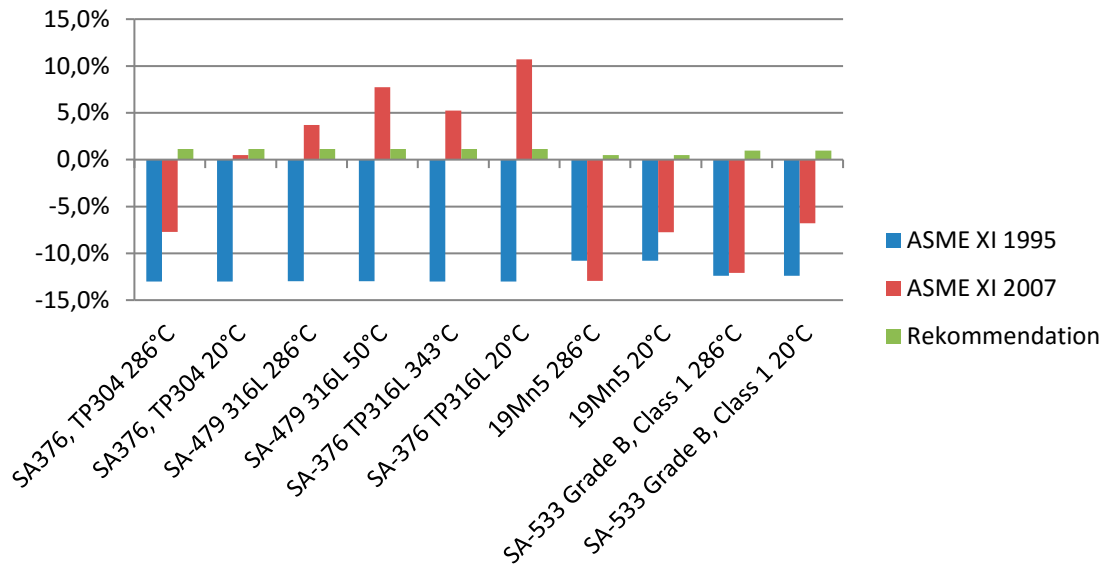
$$\text{Avvikelse} = \frac{(P_a - P_a^{III})}{P_a^{III}} \quad (1)$$

Resultaten för detta visas i Figur 1 till Figur 4 för de fyra lastnivåerna.



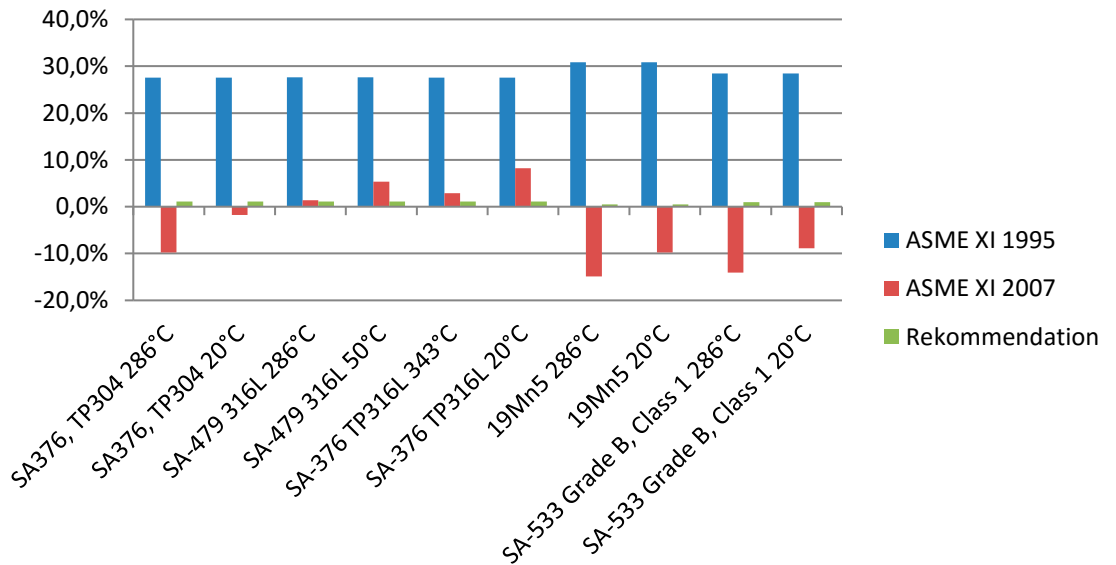
**Figur 1.** Skillnad på tillåtet inre tryck gentemot ASME III vid lastnivå A.

## Lastnivå B



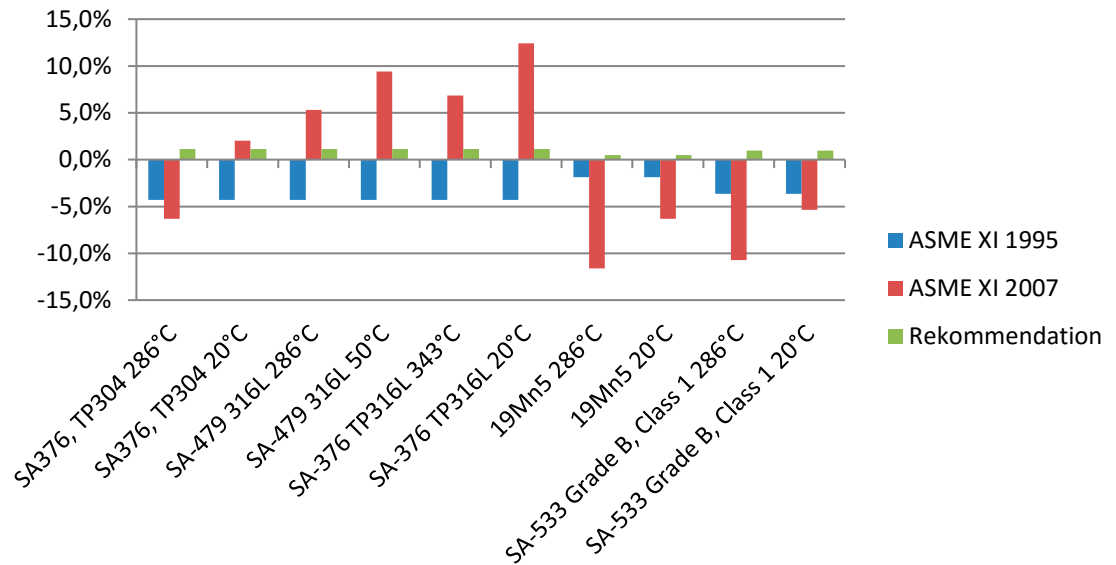
**Figur 2.** Skillnad på tillåtet inre tryck gentemot ASME III vid lastnivå B.

## Lastnivå C



**Figur 3.** Skillnad på tillåtet inre tryck gentemot ASME III vid lastnivå C.

## Lastnivå D



**Figur 4.** Skillnad på tillåtet inre tryck gentemot ASME III vid lastnivå D.

Det kan ses att resultaten från ASME XI 1995 generellt är konservativa jämfört med ASME III bortsett från lastnivå C där den är mycket underkonservativ. Detta kan förklaras med att säkerhetsfaktorer för lastnivå D används för lastnivå C. På samma sätt är denna version mycket konservativ för lastnivå B då säkerhetsfaktorer för lastnivå A används där.

Resultaten för ASME XI 2007 ger inte lika konsekventa resultat utan är konservativa för vissa material medan de är underkonservativa för andra. Detta kan förklaras med att säkerhetsfaktorena är valda som medelvärden från olika material vilket beskrivs i avsnitt 5.3.

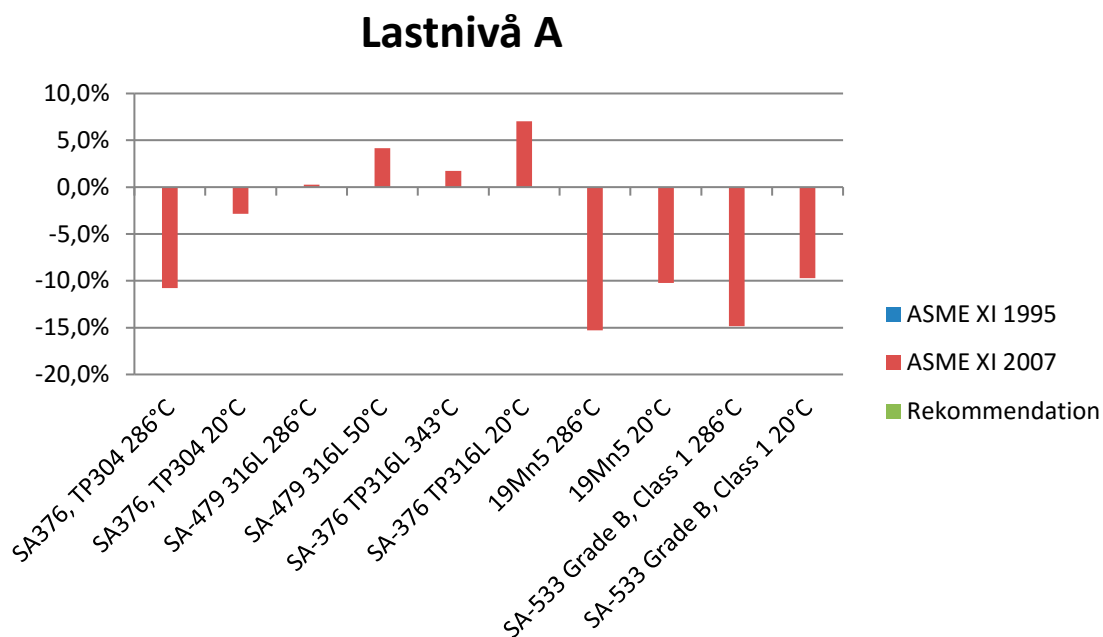
Den i denna rapport rekommenderade metoden ger mycket små skillnader gentemot ASME III och är i samtliga fall något underkonservativ.

## Bilaga 2. Jämförelse – Axiella sprickor, korrigerad last

Här utförs samma jämförelser som i Bilaga 1 med skillnaden att lasten korrigerats till att använda samma spänningsdefinition i samtliga fall som används i ASME III. Omkretsspänningen för samtliga fall beräknas utifrån inre tryck enligt

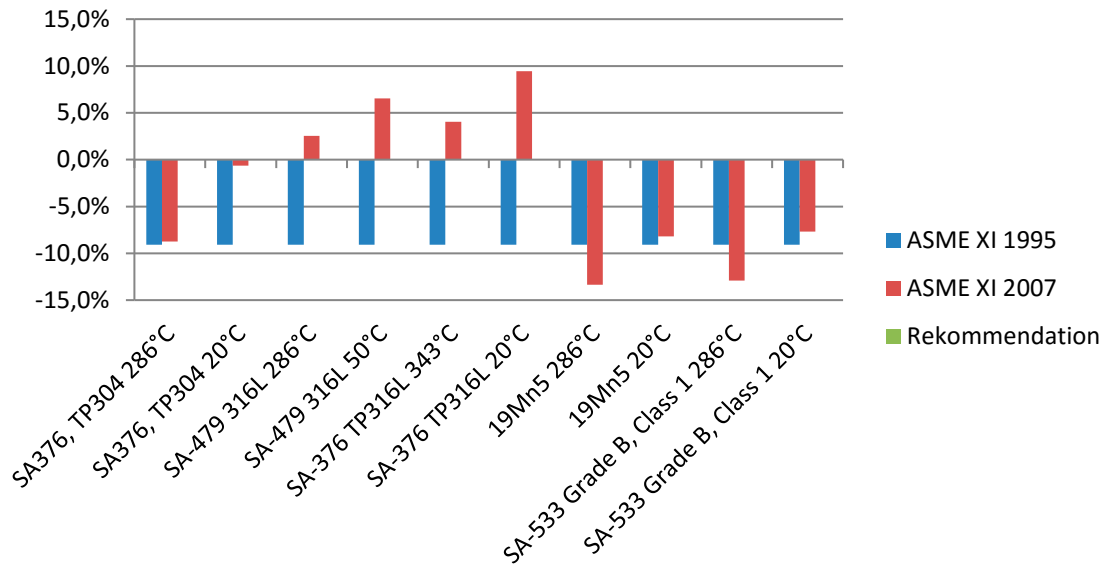
$$\sigma_h = \frac{p(R_i + 0.6t)}{t} \quad (1)$$

Resultaten för detta visas i Figur 1 till Figur 4.



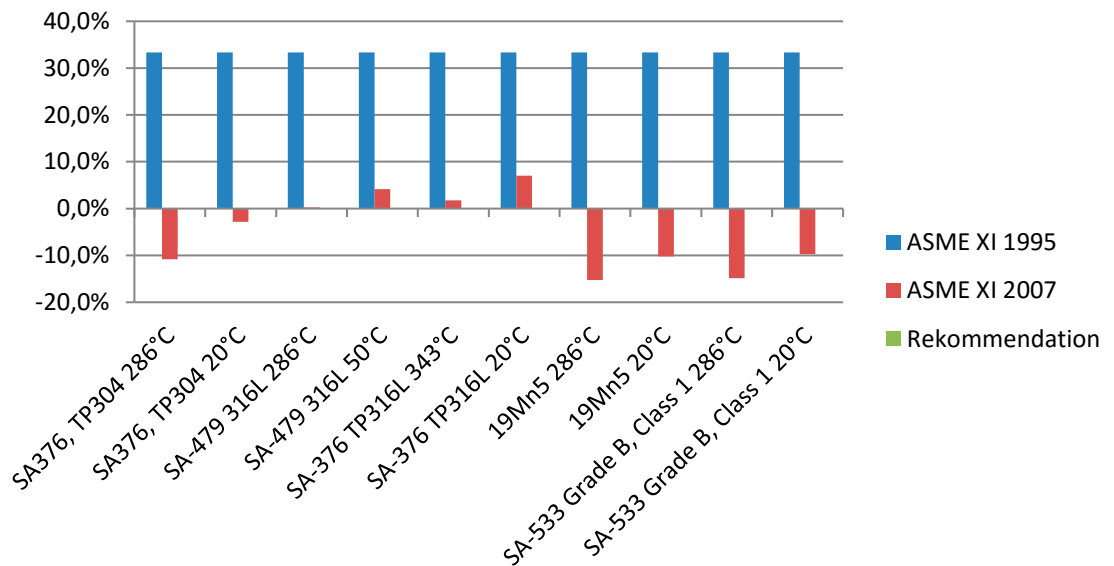
**Figur 1.** Skillnad på tillåtet inre tryck gentemot ASME III vid lastnivå A vid korrigerad last.

## Lastnivå B



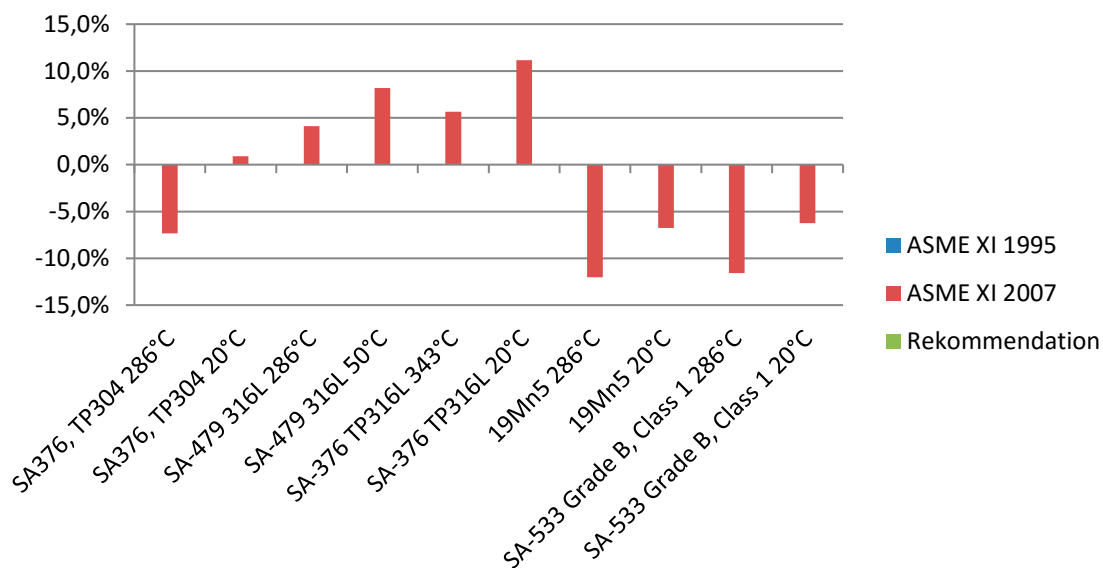
**Figur 2.** Skillnad på tillåtet inre tryck gentemot ASME III vid lastnivå B vid korrigerad last.

## Lastnivå C



**Figur 3.** Skillnad på tillåtet inre tryck gentemot ASME III vid lastnivå C vid korrigerad last

## Lastnivå D



**Figur 4.** Skillnad på tillåtet inre tryck gentemot ASME III vid lastnivå D vid korrigerad last

Det kan ses att perfekt matchning fås för den rekommenderade lösningen mot ASME III. Även för den äldre versionen av ASME XI fås perfekt matchning vid lastnivå A och D. För lastnivå B och C däremot fås stora avvikelser då dessa baseras på säkerhetsfaktorer för lastnivå A respektive D. Den nyare versionen av ASME XI ger fortfarande dålig matchning mot ASME III.

Att perfekt matchning kan fås både för rekommendationen och den äldre versionen av ASME XI beror på att båda dessa inkluderar  $S_m$ -värdet och därmed kan matchas helt mot ASME III. För den nyare versionen av ASME XI beaktas däremot inte  $S_m$ -värdet och ingen direkt koppling görs mellan ASME III och ASME XI.

### Bilaga 3. Exempelberäkning för axiell spricka

Exempelberäkningar utförs med beräkningsverktyget ProSACC för en axiell spricka utsatt för ett inre övertryck. Beräkningarna utförs för ASME XI upplaga 1995 samt 2007 och med R6 proceduren med säkerhetsvärderingssystem utifrån ASME XI 1995 samt 2007. Slutligen utförs det även för R6 proceduren med säkerhetsfaktorer beräknade enligt rekommendationen i denna rapport.

Laster från inre trycket beräknas utifrån lämpliga metoder för vardera fall. För ASME III och ASME XI beräknas dessa utifrån vad som anges i normen medan de för R6 analyser räknas fram med tjockväggig teori.

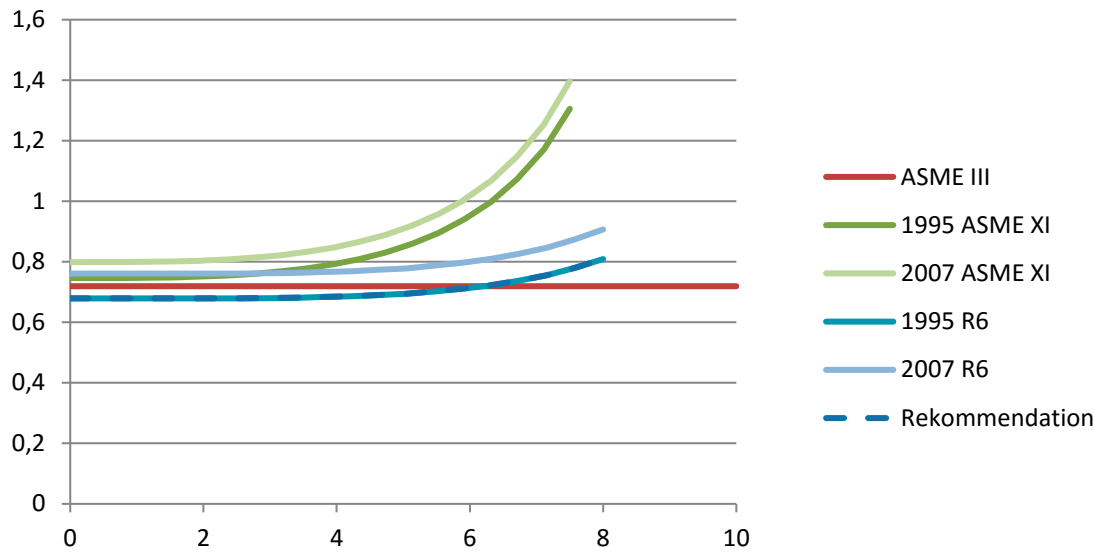
Vid analys med R6 proceduren beaktas här endast utnyttjandegrad mot plastisk kollaps då det är detta fenomen som analyseras i den aktuella studien. Gränslastlösningen som används för R6 proceduren skiljer mot den som används i ASME XI. Ingen av dessa är ändrade mellan de olika versionerna som här definieras som 1995 respektive 2007. Det är därmed endast säkerhetsvärderingssystemet mot plastisk kollaps som skiljer de olika R6 analyserna åt. För ASME XI skiljer även definitionen av omkretsspänning de olika analyserna åt enligt ekvation (15) i avsnitt 5.2.1.

Utnyttjandegrader beräknas för de olika fallen och plottas mot vägg tjockleken som i det aktuella fallet är 10 mm. Även utnyttjandegrad enligt ASME III inkluderas i jämförelserna som referens. Utnyttjandegrad mot plastisk kollaps beräknas för de olika fallen enligt

$$u = \begin{cases} \frac{p}{P_a C_p} & \text{ASME III} \\ \frac{\sigma_h}{S_a^{acc.}} & \text{ASME XI} \\ \frac{L_r}{L_r^{max}} & \text{R6} \end{cases} \quad (1)$$

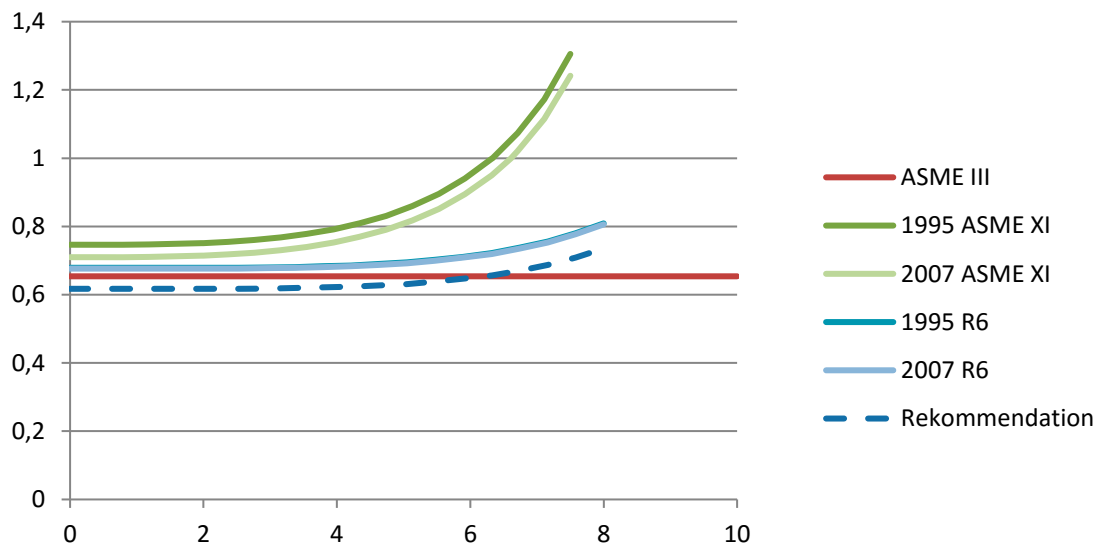
där maximal accepterad utnyttjandegrad är  $u = 1$ . I Figur 1 till Figur 4 visas utnyttjandegrader gentemot sprickdjup för de olika lastnivåerna.

## Lastnivå A



Figur 1. Utnyttjandegrad mot sprickdjup för lastnivå A.

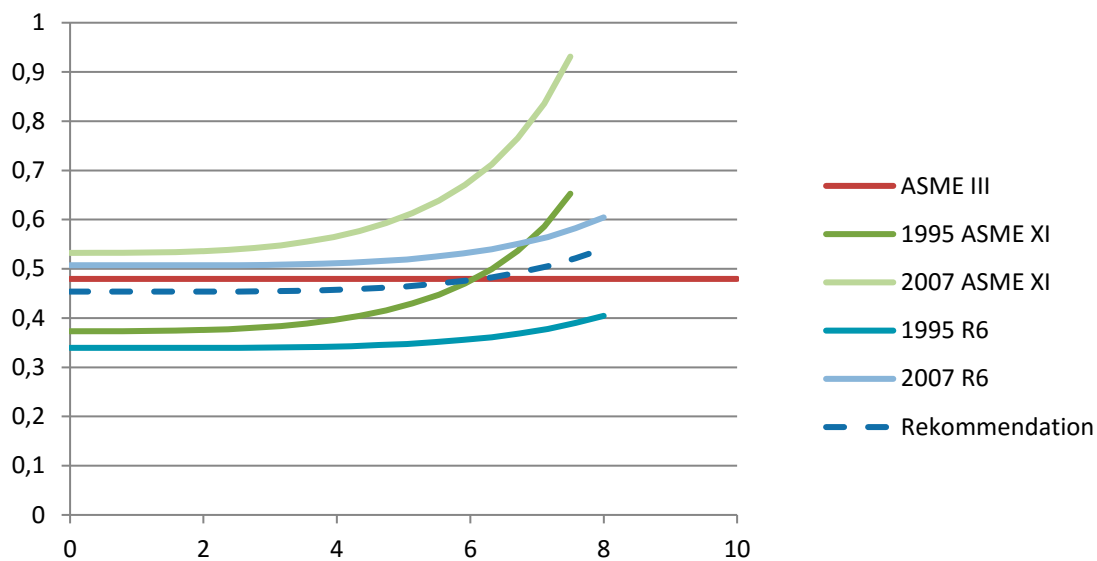
## Lastnivå B



Figur 2. Utnyttjandegrad mot sprickdjup för lastnivå B.

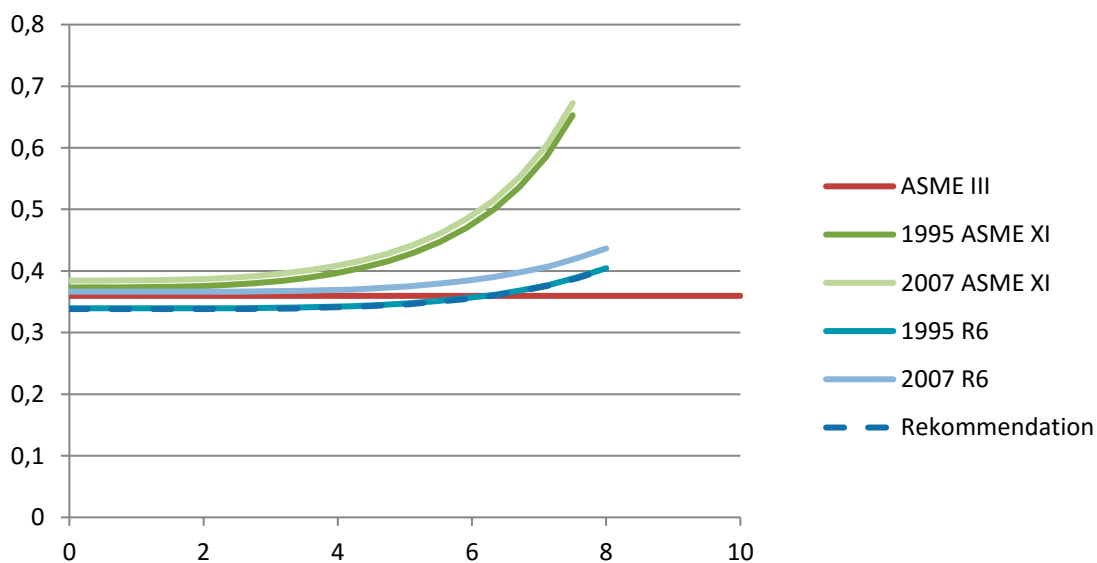


### Lastnivå C



Figur 3. Utnyttjandegrad mot sprickdjup för lastnivå C.

### Lastnivå D



Figur 4. Utnyttjandegrad mot sprickdjup för lastnivå D.

Vissa avvikelser kan ses gentemot ASME III i samtliga fall där beräkningar enligt R6 proceduren i ProSACC generellt ger lägre utnyttjandegrader än ASME XI. Undantag från detta är lastnivå C där den äldre versionen av ASME XI ger betydligt lägre utnyttjandegrader än ASME III både själv och i kombination med R6.

Det kan även ses att utnyttjandegraden mot plastisk kollaps ökar snabbare vid beräkningar enligt ASME XI än R6 proceduren med

växande spricka, vilket kan kopplas till att de baseras på olika gränslastlösningar.

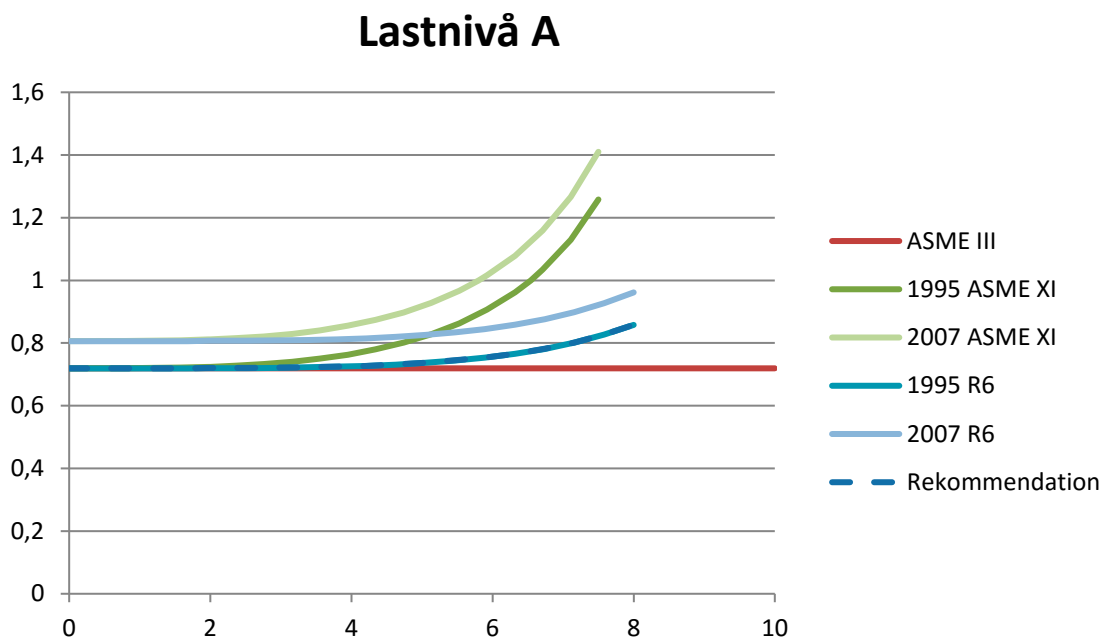
Den nyare säkerhetsvärderingen enligt ASME XI ger i samtliga fall högre utnyttjandegrader än ASME III för detta exempel. Vid lastnivå C fås mycket låga utnyttjandegrader jämfört med ASME III vid användande av säkerhetsvärdering enligt den äldre versionen av ASME XI.

## Bilaga 4. Exempelberäkning för axiell spricka, korrigerad last

Här utförs samma jämförelser som i Bilaga 3 med skillnaden att lasten korrigerats till att använda samma spänningsdefinition i samtliga fall som i ASME III. Omkretsspänningen för samtliga fall beräknas utifrån inre tryck enligt

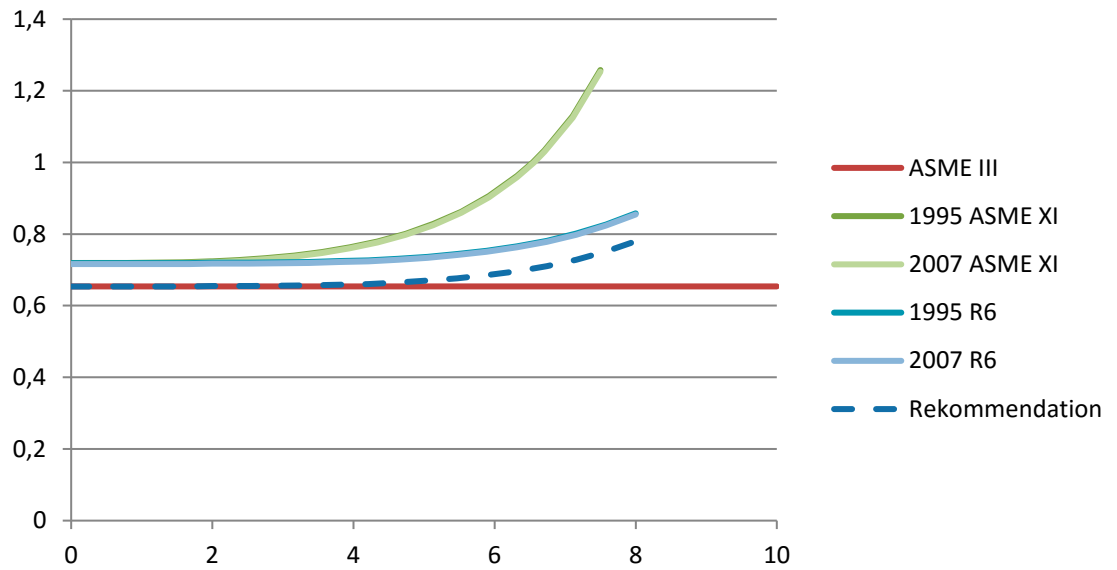
$$\sigma_h = \frac{p(R_i + 0.6t)}{t} \quad (1)$$

I Figur 1 till Figur 4 visas utnyttjandegrader gentemot sprickdjup för de olika lastnivåerna.



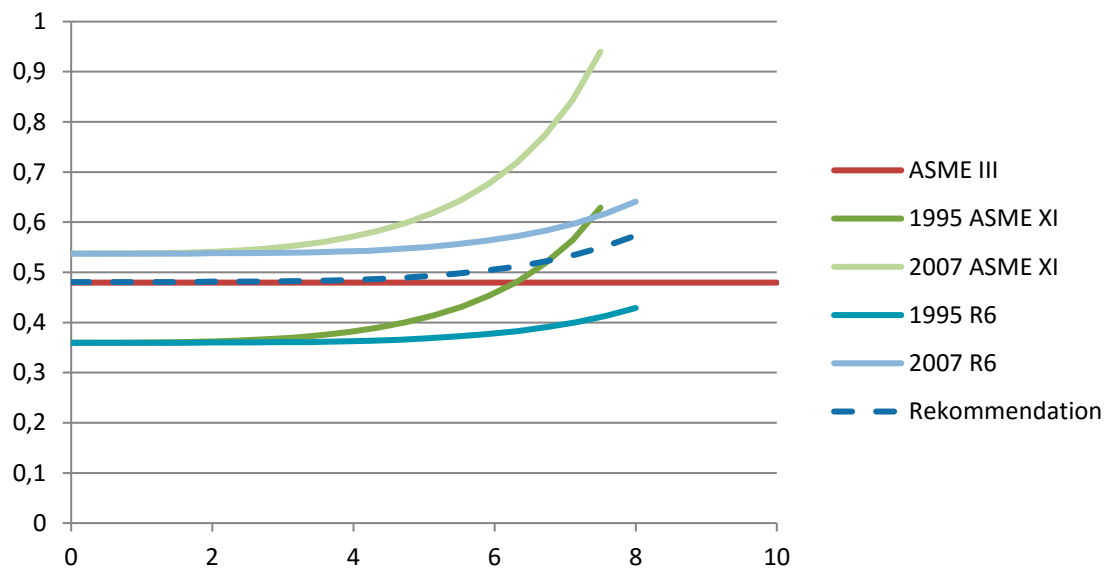
Figur 1. Utnyttjandegrad mot sprickdjup för lastnivå A vid korrigerad last.

## Lastnivå B



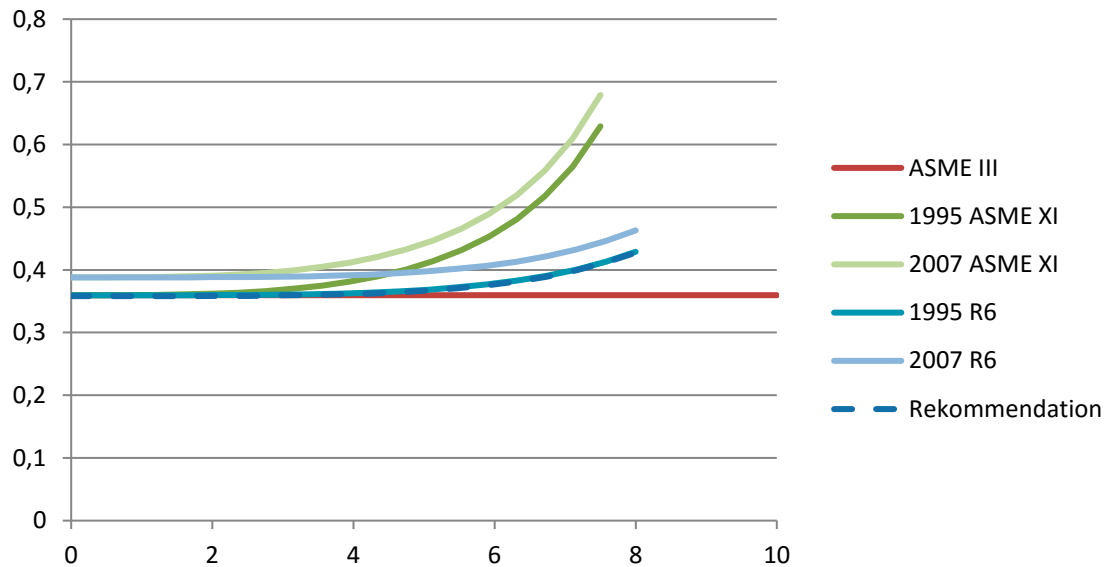
Figur 2. Utnyttjandegrad mot sprickdjup för lastnivå B vid korrigerad last.

## Lastnivå C



Figur 3. Utnyttjandegrad mot sprickdjup för lastnivå C vid korrigerad last.

## Lastnivå D



**Figur 4.** Utnyttjandegrad mot sprickdjup för lastnivå D vid korrigerad last.

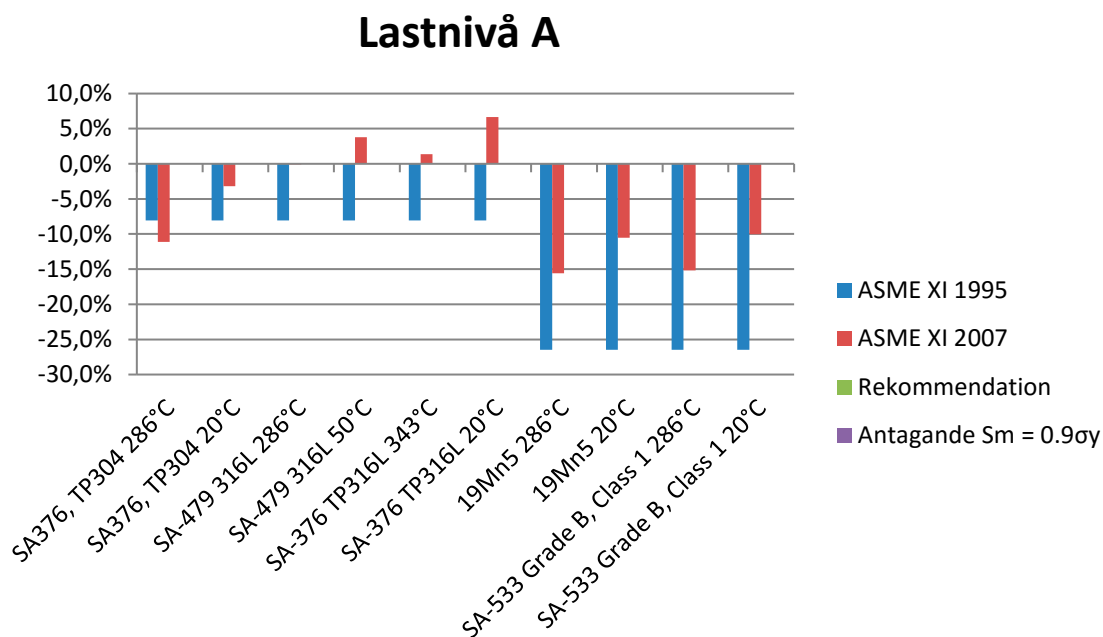
Vid korrigerad last kan det ses att utnyttjandet mot plastisk kollaps blir detsamma vid obefintlig spricka för beräkningar enligt ASME XI och R6 där samma säkerhetsvärderingssystem används medan utnyttjandet snabbare stiger enligt ASME XI med växande spricka.

Perfekt matchning fås för den i denna rapport rekommenderade metoden vid obetydlig spricka för samtliga lastnivåer. Även för den äldre versionen av ASME XI fås perfekt matchning vid lastnivå A och D där korrekta säkerhetsfaktorer används.

## Bilaga 5. Jämförelse – omkretssprickor, Endast global böjning

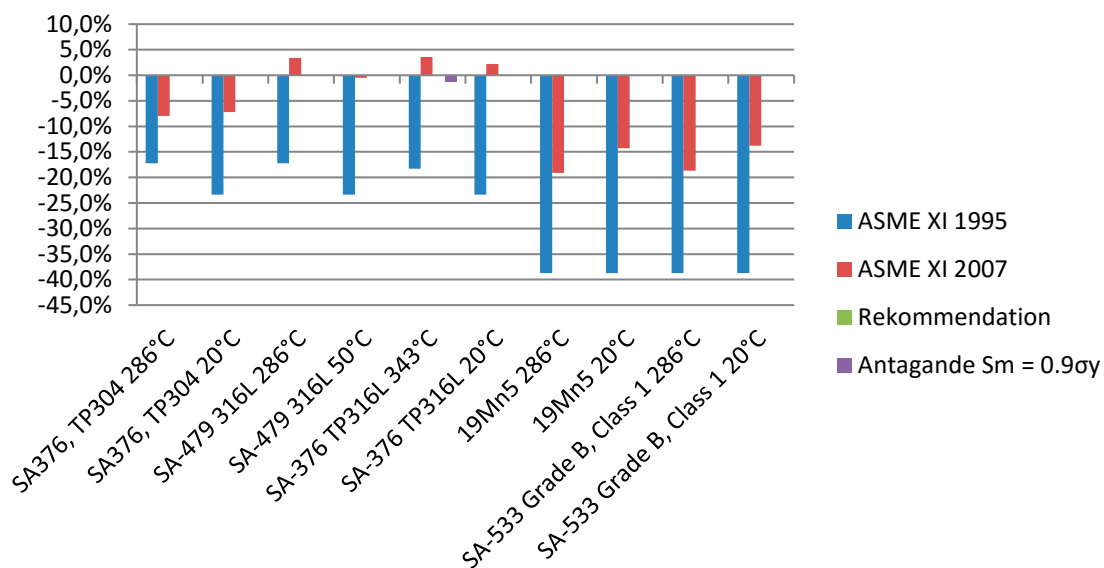
Tillåten global böjspänning beräknas för ASME XI samt den rekommenderade alternativa metoden för beräkning av säkerhetsfaktorer. Utöver detta inkluderas även resultat där antagandet att  $S_m = 0.9\sigma_y$  enligt avsnitt 5.2.2 ekvationer (25) och (26) används.

Den procentuella skillnaden mellan tillåten global böjspänning gentemot motsvarande värden från ASME III jämförs sedan för ett antal material vid olika temperaturer. Resultaten för detta visas i Figur 1 till Figur 4.



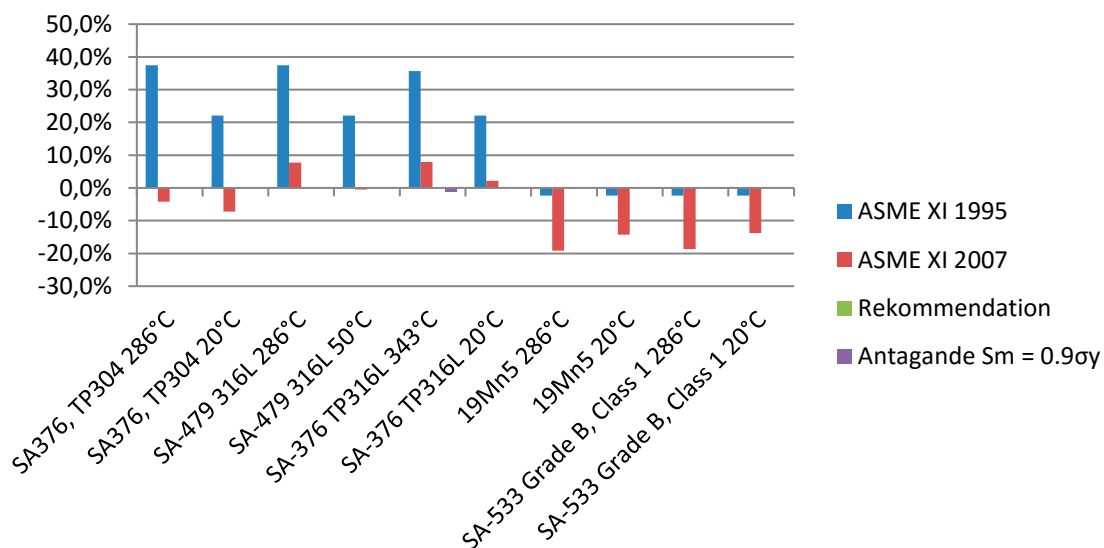
**Figur 1.** Skillnad på tillåten global böjspänning gentemot ASME III vid lastnivå A.

## Lastnivå B



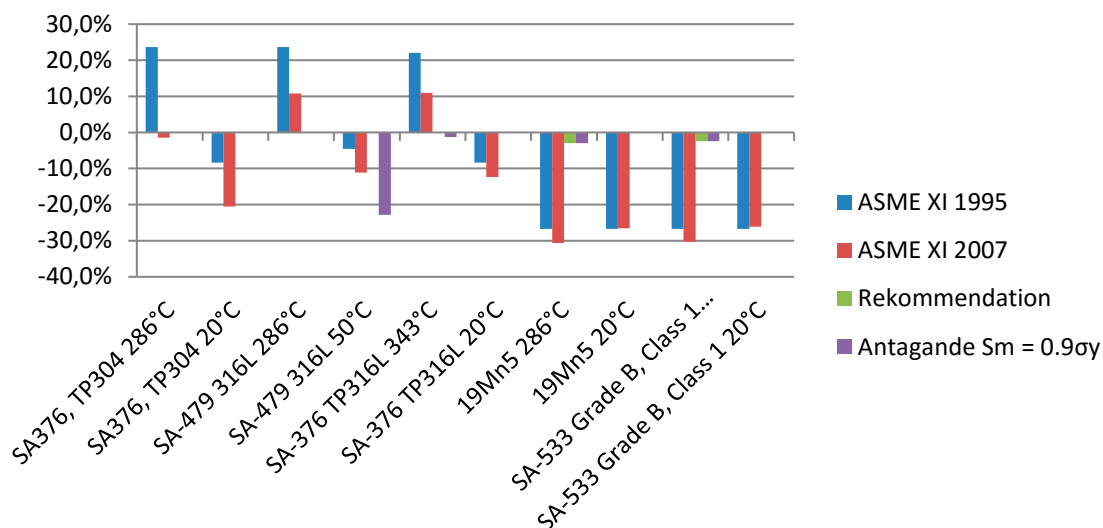
**Figur 2.** Skillnad på tillåten global böjspänning gentemot ASME III vid lastnivå B.

## Lastnivå C



**Figur 3.** Skillnad på tillåten global böjspänning gentemot ASME III vid lastnivå C.

## Lastnivå D



**Figur 4.** Skillnad på tillåten global böjspänning gentemot ASME III vid lastnivå D.

Båda versioner av ASME XI skiljer markant från ASME III, i de flesta fall ger ASME XI lägre tillåten global böjspänning än ASME III men i vissa fall fås högre tillåten global böjspänning. Framförallt fås högre tillåten böjspänning i den äldre versionen av ASME XI för lastnivå C då denna behandlas med säkerhetsfaktorer för lastnivå D.

För den äldre versionen av ASME XI är säkerhetsfaktorer baserade på medelvärdet av säkerhetsfaktorer mot membran- och global böjspänning. Detta kan förklara varför inte perfekt matchning gentemot ASME III fås vid böjning för lastnivåer A och D likt det som erhålls vid membranlast (se Bilaga 2).

För den rekommenderade nya hanteringen fås perfekt matchning gentemot ASME III för samtliga fall förutom två vid lastnivå D där något konservativa resultat erhålls. Orsaken till skillnaden där är att framräknad säkerhetsfaktor blir under 1.0 men då sätts till 1.0.

Med antagandet  $S_m = 0.9\sigma_y$  fås i några fall avvikelse från ASME III. I de flesta fall har detta dock ingen betydelse då  $S_m$  kriteriet oftare är begränsande än  $\sigma_y$  kriteriet.







2016:35

Strålsäkerhetsmyndigheten har ett samlat ansvar för att samhället är strålsäkert. Vi arbetar för att uppnå strålsäkerhet inom en rad områden: kärnkraft, sjukvård samt kommersiella produkter och tjänster. Dessutom arbetar vi med skydd mot naturlig strålning och för att höja strålsäkerheten internationellt.

Myndigheten verkar pådrivande och förebyggande för att skydda människor och miljö från oönskade effekter av strålning, nu och i framtiden. Vi ger ut föreskrifter och kontrollerar genom tillsyn att de efterlevs, vi stödjer forskning, utbildar, informerar och ger råd. Verksamheter med strålning kräver i många fall tillstånd från myndigheten. Vi har krisberedskap dygnet runt för att kunna begränsa effekterna av olyckor med strålning och av avsiktlig spridning av radioaktiva ämnen. Vi deltar i internationella samarbeten för att öka strålsäkerheten och finansierar projekt som syftar till att höja strålsäkerheten i vissa östeuropeiska länder.

Strålsäkerhetsmyndigheten sorterar under Miljödepartementet. Hos oss arbetar drygt 300 personer med kompetens inom teknik, naturvetenskap, beteendevetenskap, juridik, ekonomi och kommunikation. Myndigheten är certifierad inom kvalitet, miljö och arbetsmiljö.

Strålsäkerhetsmyndigheten  
Swedish Radiation Safety Authority

SE-17116 Stockholm  
Solna strandväg 96

Tel: +46 8 799 40 00  
Fax: +46 8 799 40 10

E-mail: [registrator@ssm.se](mailto:registrator@ssm.se)  
Web: [stralsakerhetsmyndigheten.se](http://stralsakerhetsmyndigheten.se)