Gränslastberäkning – en enkel och snabb väg till maximal bärförmåga

Mikael Möller & Anders Olsson

Stockholm, 2014

Confidentiality

This document contains elements protected by intellectual property rights as well as confidential information.

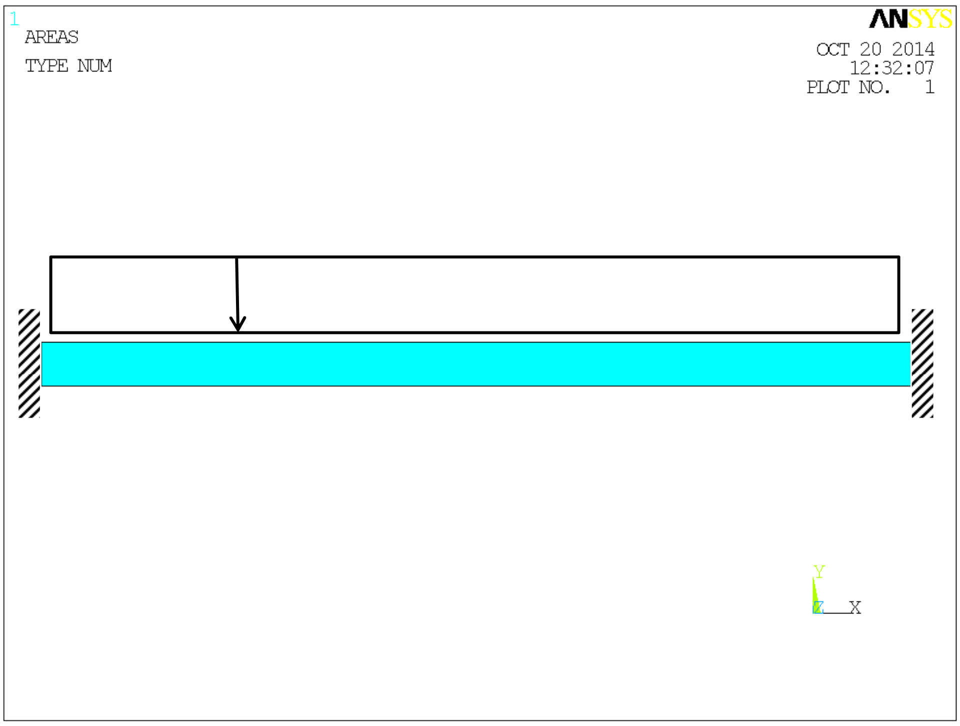
Any reproduction, alteration, transmission to any third party or publication in whole or in part of this document and/or its content is prohibited unless AREVA NP Uddcomb AB has provided prior and written consent. This prohibition concerns notably any editorial elements, verbal and figurative marks and images included herein.

This document and any information it contains shall not be used for any other purpose than the one for which they were provided. In particular, no patent application and/or registered design may be applied for on the basis of the information contained herein.

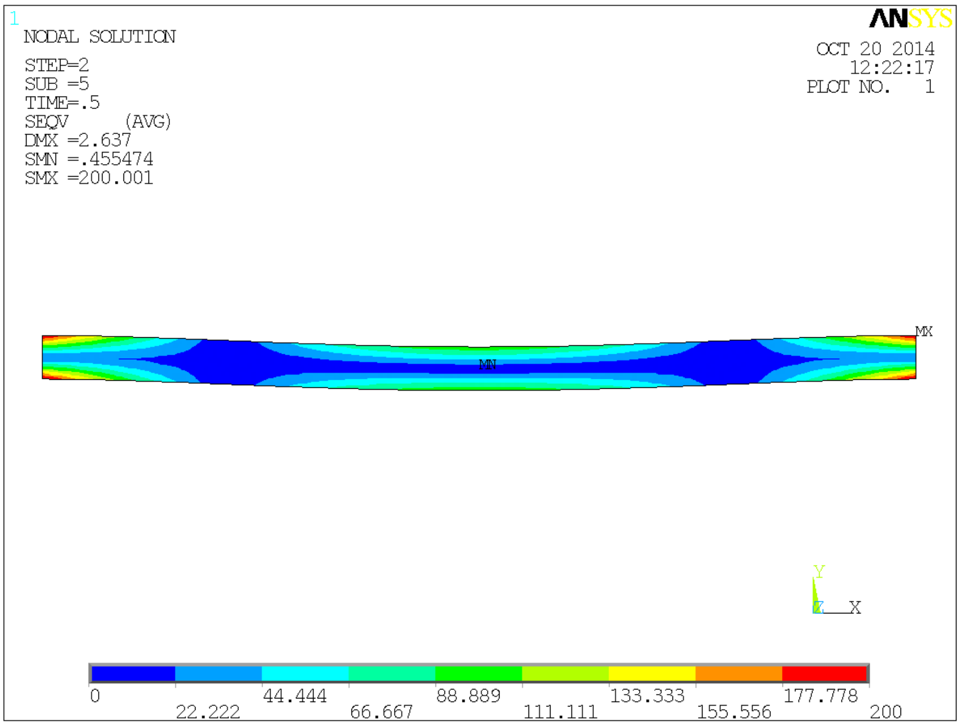
Legal action may be taken against any infringer and/or any person breaching the aforementioned rules.

No warranty whatsoever, express or implied, is given as to the accuracy, completeness or fitness for a particular use of the information contained in this document. In no event AREVA NP Uddcomb AB shall be liable for any damages whatsoever including any special, indirect or consequential damages arising from or in connection with access to, use or misuse of the information contained in this document.

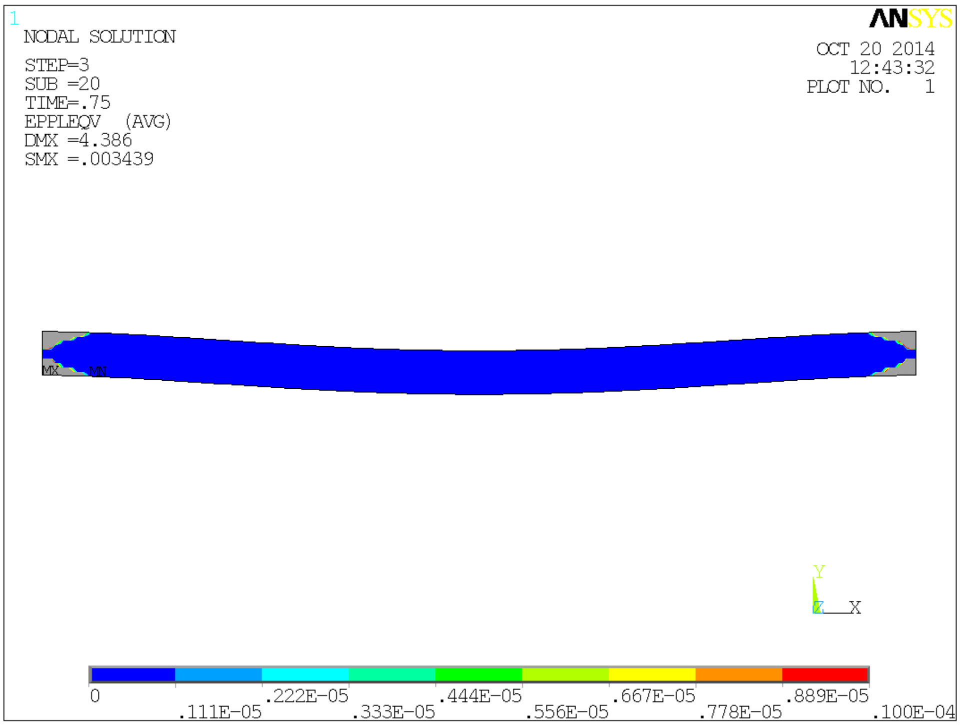
Illustration av begreppet gränslast. Inspänd balk belastad med utbredd last.



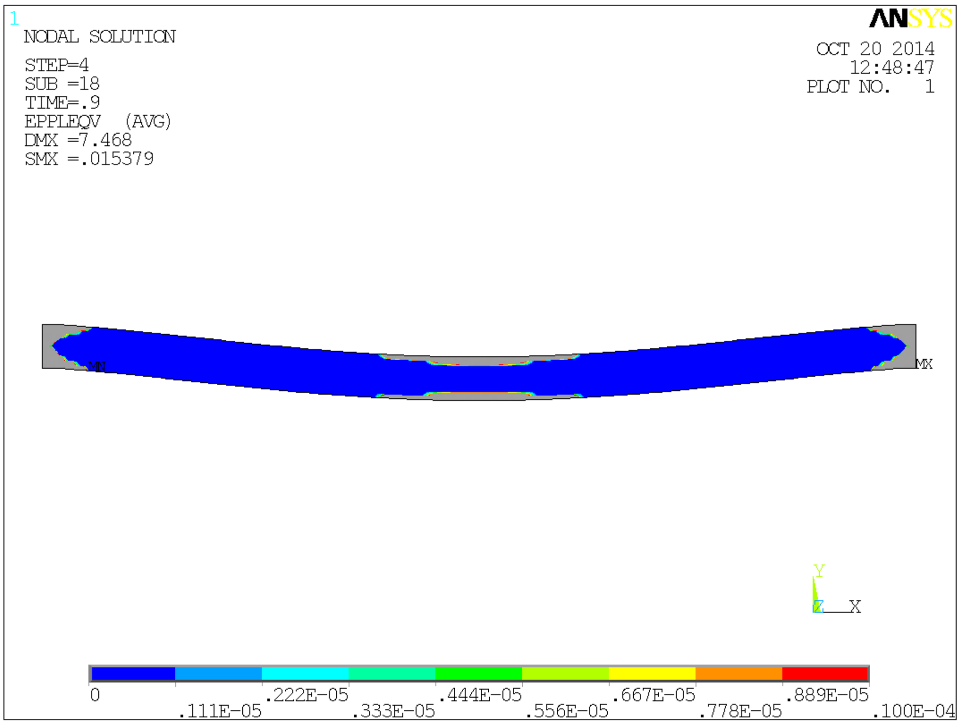
Spänningar. Sträckgräns uppnås vid stöd för en relativ last på 0.5.



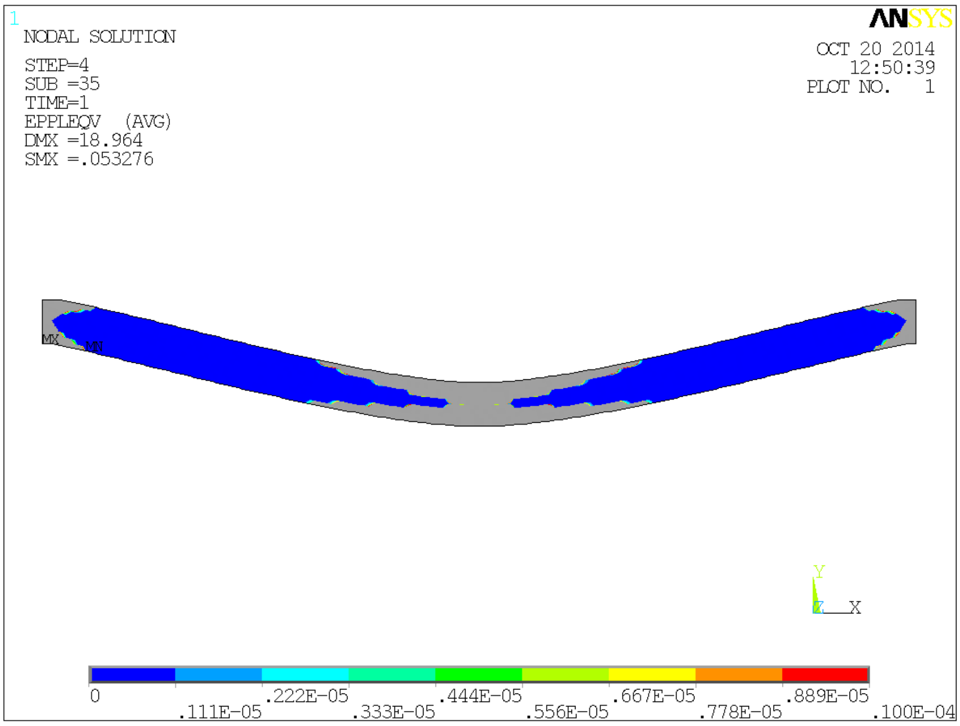
För högre last är plastiska töjningar (=grått) mer illustrativa än spänningar. Utvecklad flytled vid stöd för relativ last på 0.75.



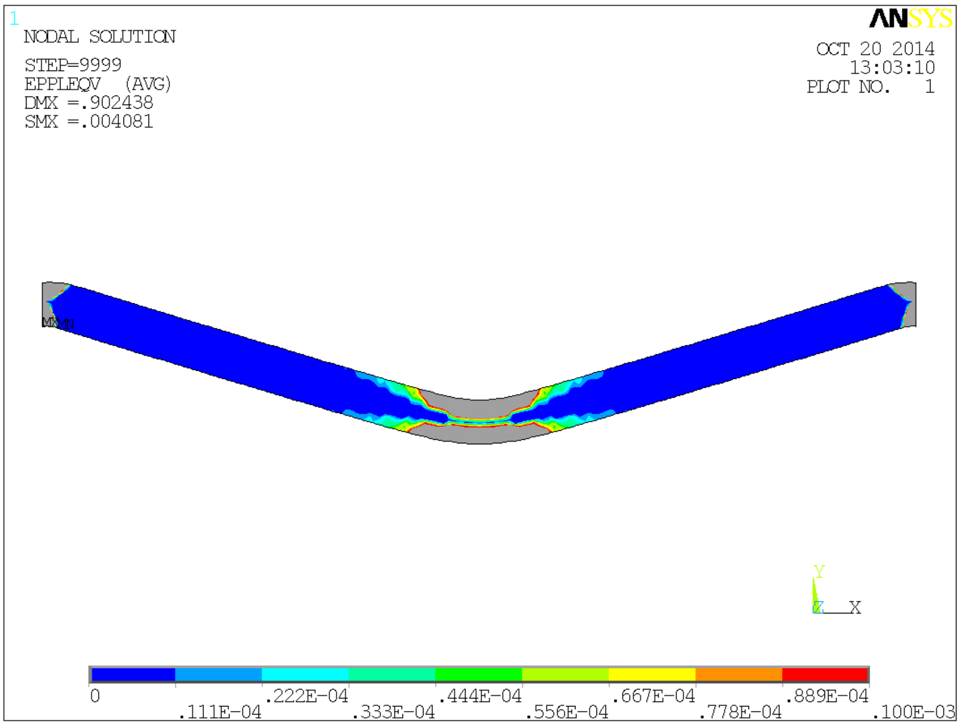
Begynnande plasticering i fält, bibehållen flytled över stöd för relativ last på 0.9.



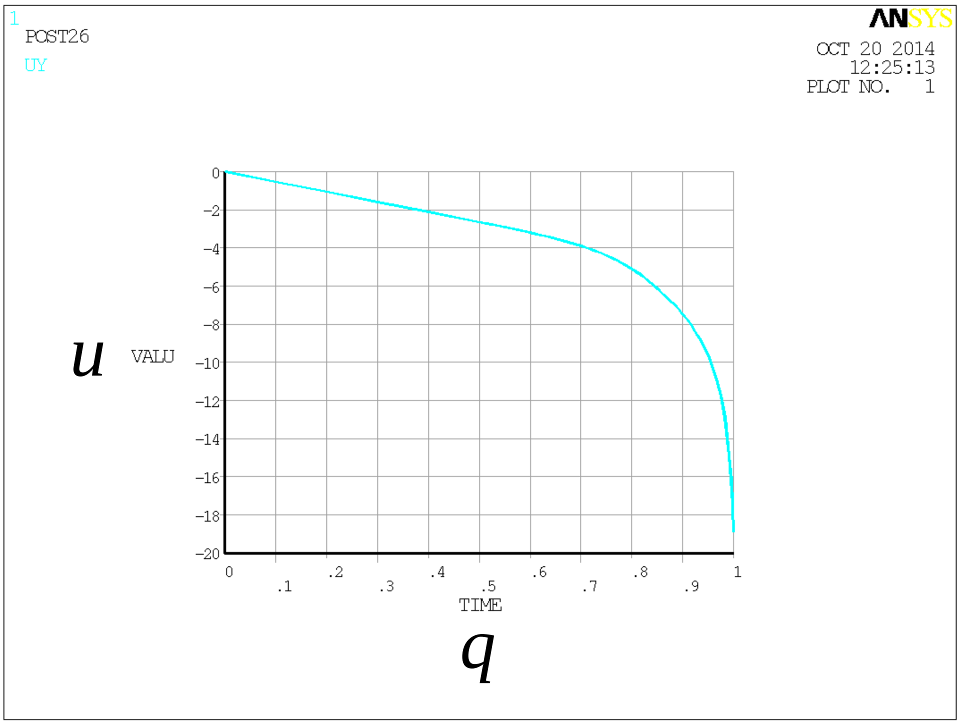
Utvecklad flytled även i fält, konstruktionen kollapsar för relativ last på 1.



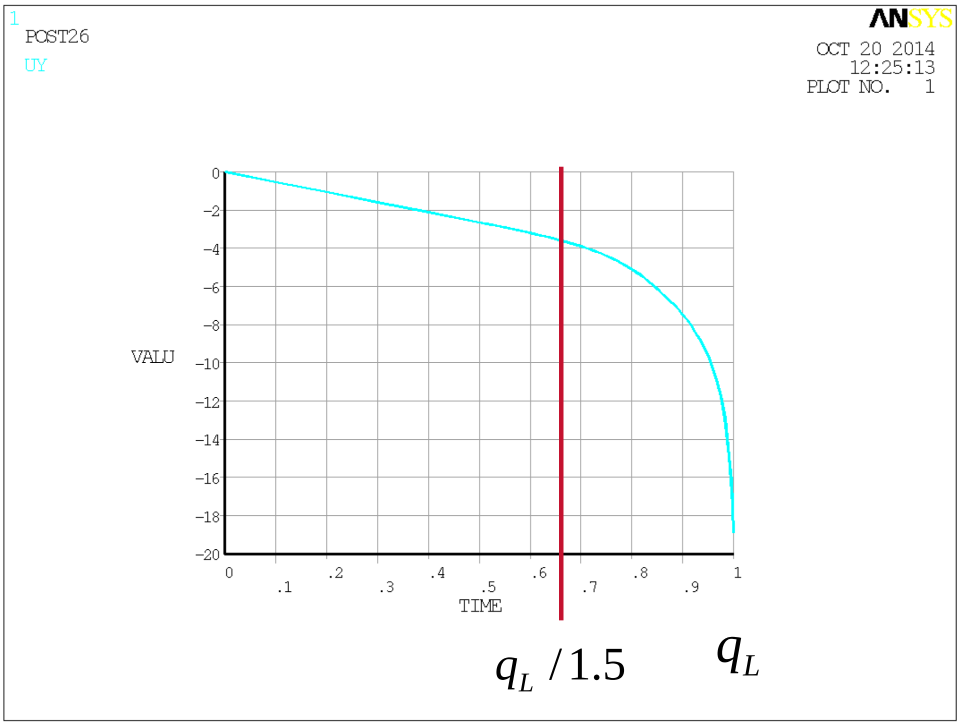
Skillnad mellan två tidpunkter vid kollaps. Kollaps sker under konstant last dvs noll elastiska töjningstillskott. All deformation är plastisk.



Deformationer och töjningar växer över alla gränser när gränslasten uppnås.



Men med en säkerhetsfaktor 1.5 i brottgränstillstånd är deformationer i bruksgränstillstånd beskedliga.



► Enklare konstruktioner såsom statiskt obestämda balkar, rektangulära plattor odyl analyseras med fördel medelst analytisk gränslastteori

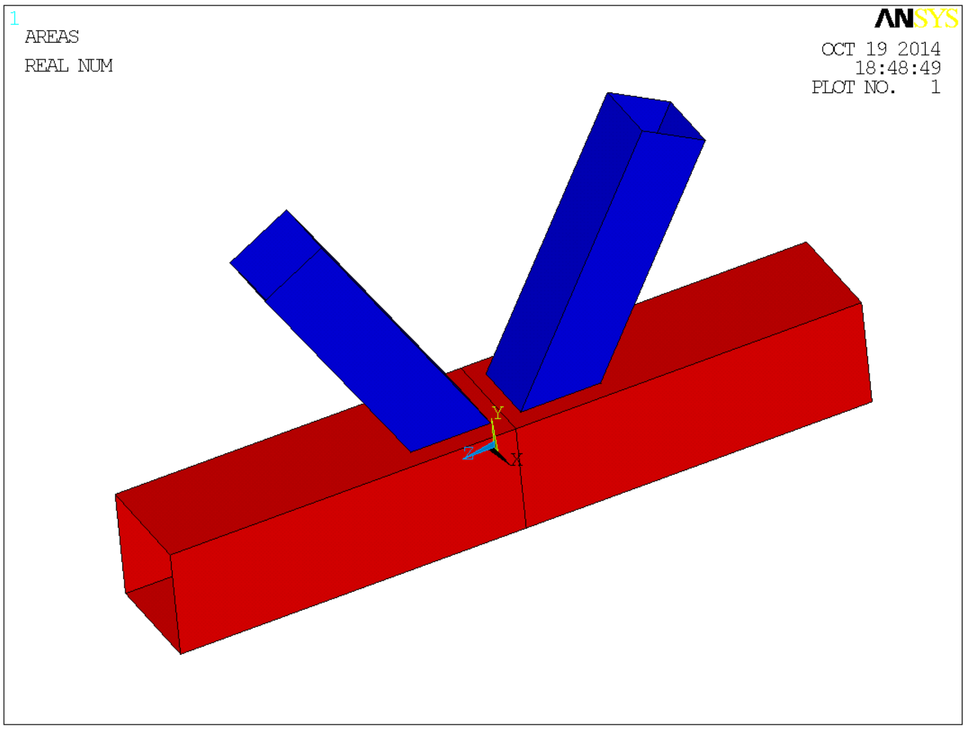
► Antingen mha statiska teoremet (nedre gränslastteoremet, lower bound theorem) som ger lösningar på säker sida alternativt rätt lösning

► Eller mha kinematiska teoremet (övre gränslastteoremet, upper bound theorem) som ger lösningar på osäker sida alternativt rätt lösning

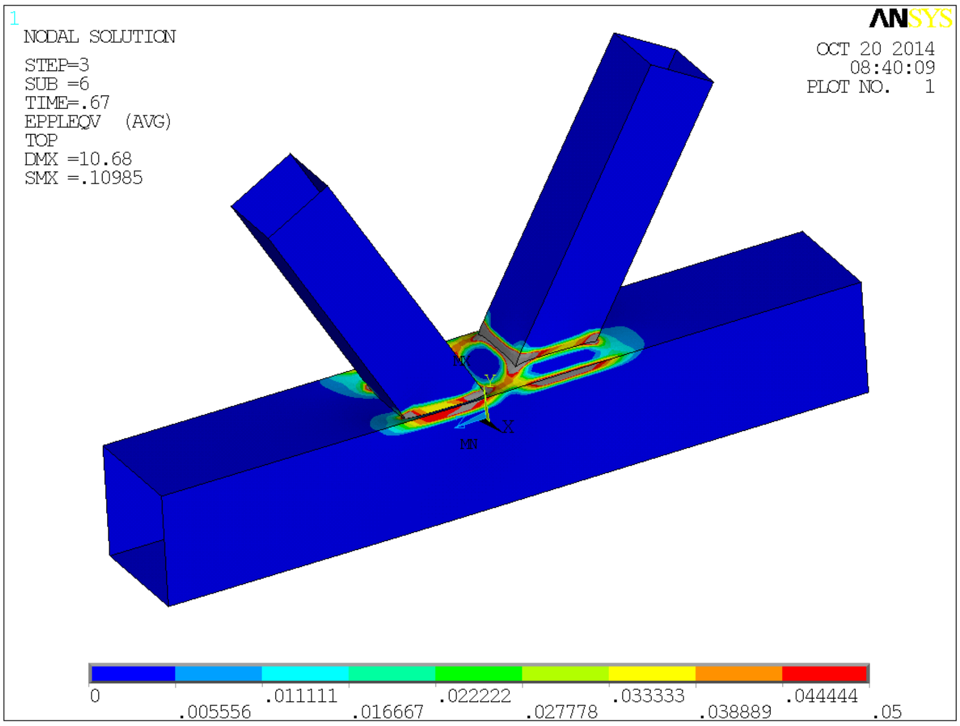
Förutsättningar för analytiska gränslastberäkningar

- ►Idealelastoplastiskt material (inget hårdnande)
- ►Små deformationer (linverkan odyl tillgodoräknas ej)
- ►Seg konstruktion (segt material, ingen instabilitet, inga understarka snitt)

FE-beräkning av gränslast: Anslutning VKR 120 x 5 diagonaler mot VKR 200 x 12 ramstång



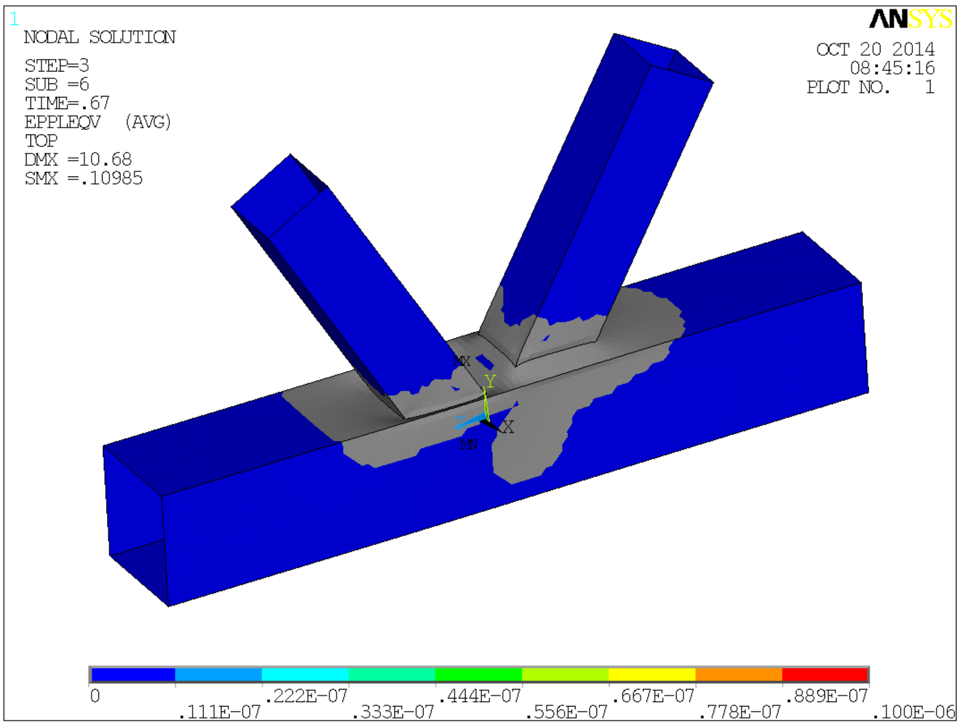
Plastiska töjningar skalade mot 5 % vid 2/3 N_p i diagonalen för N=0 i ramstång.



AREVA NP Uddcomb AB

AREVA

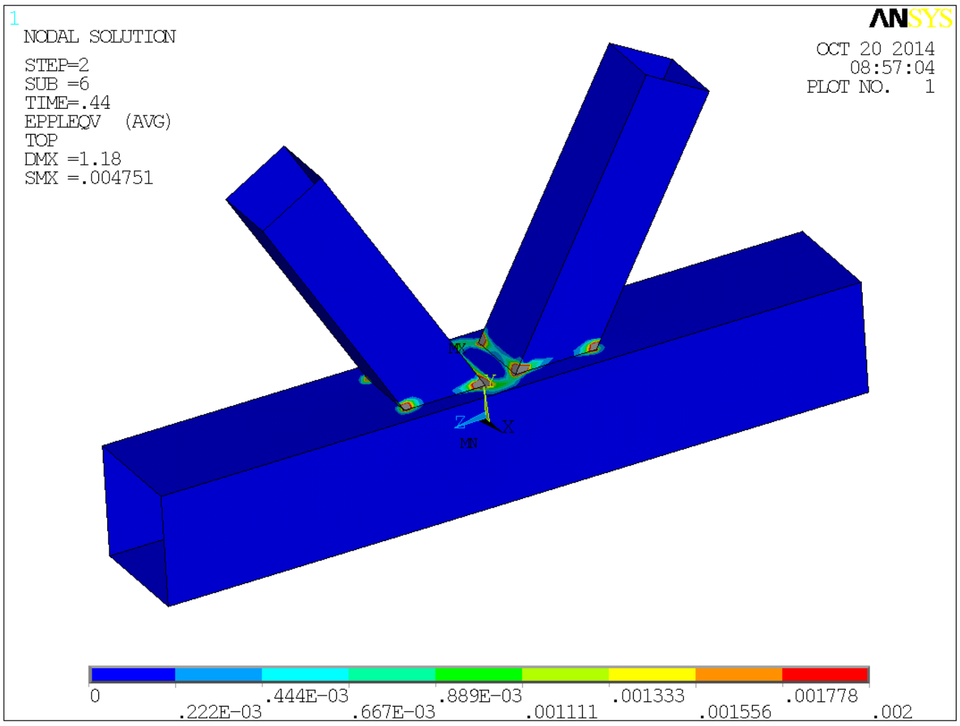
Grått = plasticerade områden för diagonalkraft 2/3 N_p.



AREVA NP Uddcomb AB

AREVA

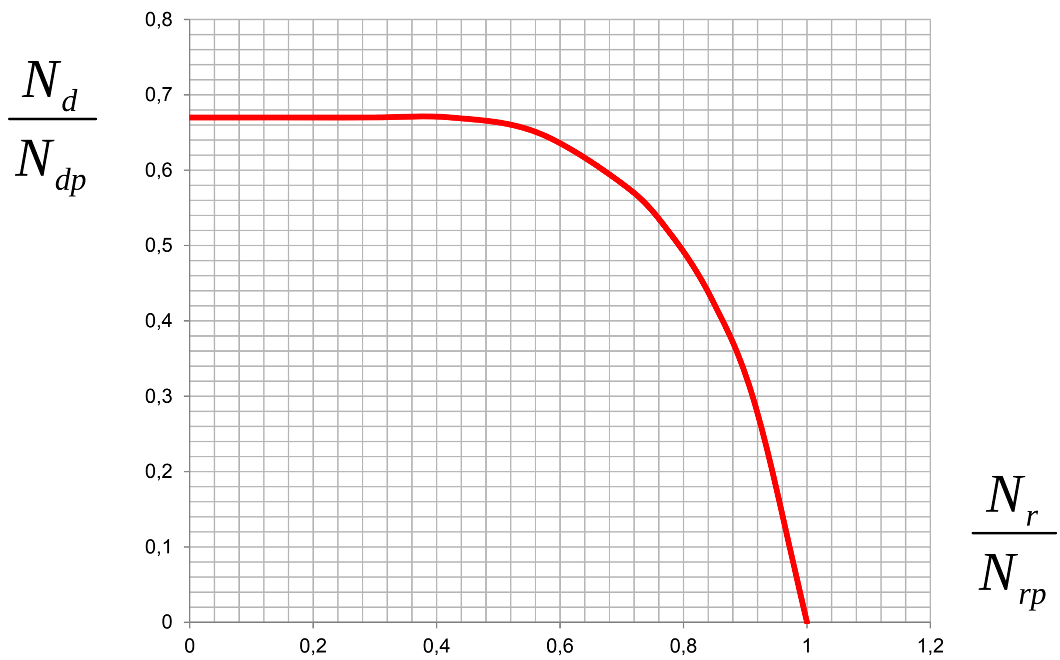
Plastiska töjningar skalade mot 0.2 % vid 2/3 N_p / 1.5.



AREVA NP Uddcomb AB

AREVA

Interaktion mellan diagonalkraft N_d och ramstångskraft N_r



AREVA NP Uddcomb AB

AREVA

EC3 1-5 Plated Structures, Annex C

Annex C [informative] – Finite Element Methods of analysis (FEM)

C.1 General

(1) Annex C gives guidance on the use of FE-methods for ultimate limit state, serviceability limit state or fatigue verifications of plated structures.

NOTE 1: For FE-calculation of shell structures see EN 1993-1-6.

NOTE 2: This guidance is intended for engineers who are experienced in the use of Finite Element methods.

(2) The choice of the FE-method depends on the problem to be analysed and based on the following assumptions:

Table C.1: Assumptions for FE-methods

No	Material behaviour	Geometric behaviour	Imperfections, see section C.5	Example of use
1	linear	linear	no	elastic shear lag effect, elastic resistance
2	non linear	linear	no	plastic resistance in ULS
3	linear	non linear	no	critical plate buckling load
4	linear	non linear	yes	elastic plate buckling resistance
5	non linear	non linear	yes	elastic-plastic resistance in ULS

Anvisningar om imperfektioner

C.5 Use of imperfections

(1) Where imperfections need to be included in the FE-model these imperfections should include both geometric and structural imperfections.

(2) Unless a more refined analysis of the geometric imperfections and the structural imperfections is carried out, equivalent geometric imperfections may be used.

NOTE 1: Geometric imperfections may be based on the shape of the critical plate buckling modes with amplitudes given in the National Annex. 80 % of the geometric fabrication tolerances is recommended.

NOTE 2: Structural imperfections in terms of residual stresses may be represented by a stress pattern from the fabrication process with amplitudes equivalent to the mean (expected) values.

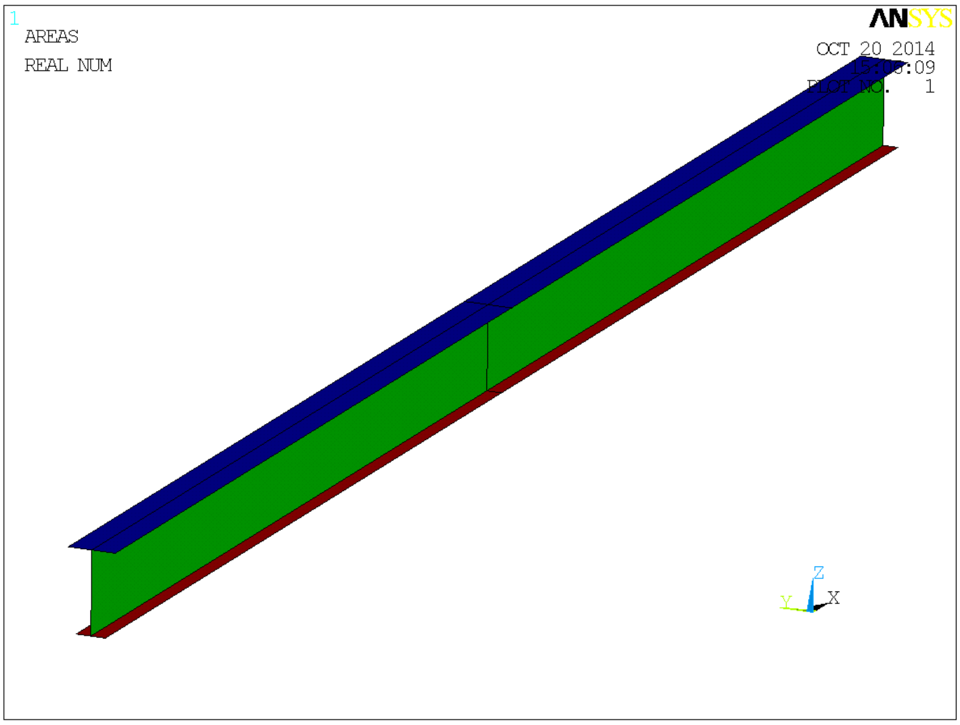
(3) The direction of the applied imperfection should be such that the lowest resistance is obtained.

(4) For applying equivalent geometric imperfections Table C.2 and Figure C.1 may be used.

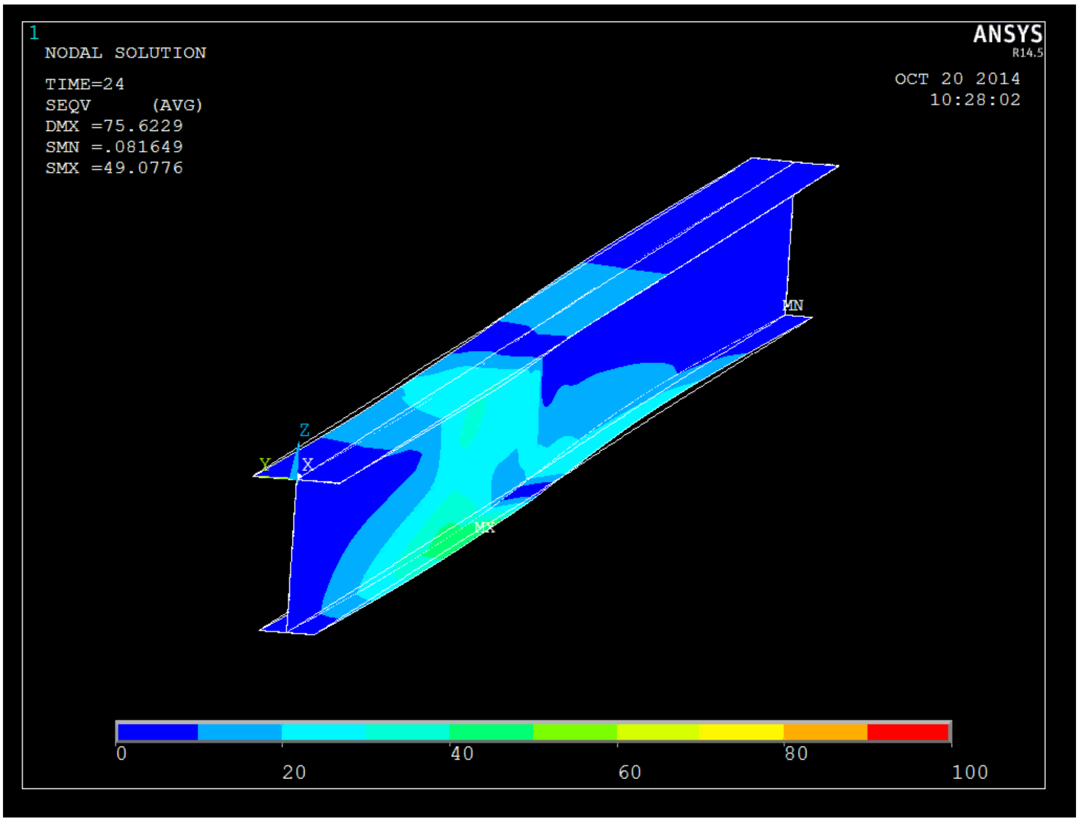
Table C.2: Equivalent geometric imperfections

Type of imperfection	Component	Shape	Magnitude
global	member with length ℓ	bow	see EN 1993-1-1, Table 5.1
global	longitudinal stiffener with length a	bow	min (a/400, b/400)
local	panel or subpanel with short span a or b	buckling shape	min (a/200, b/200)
local	stiffener or flange subject to twist	bow twist	1 / 50

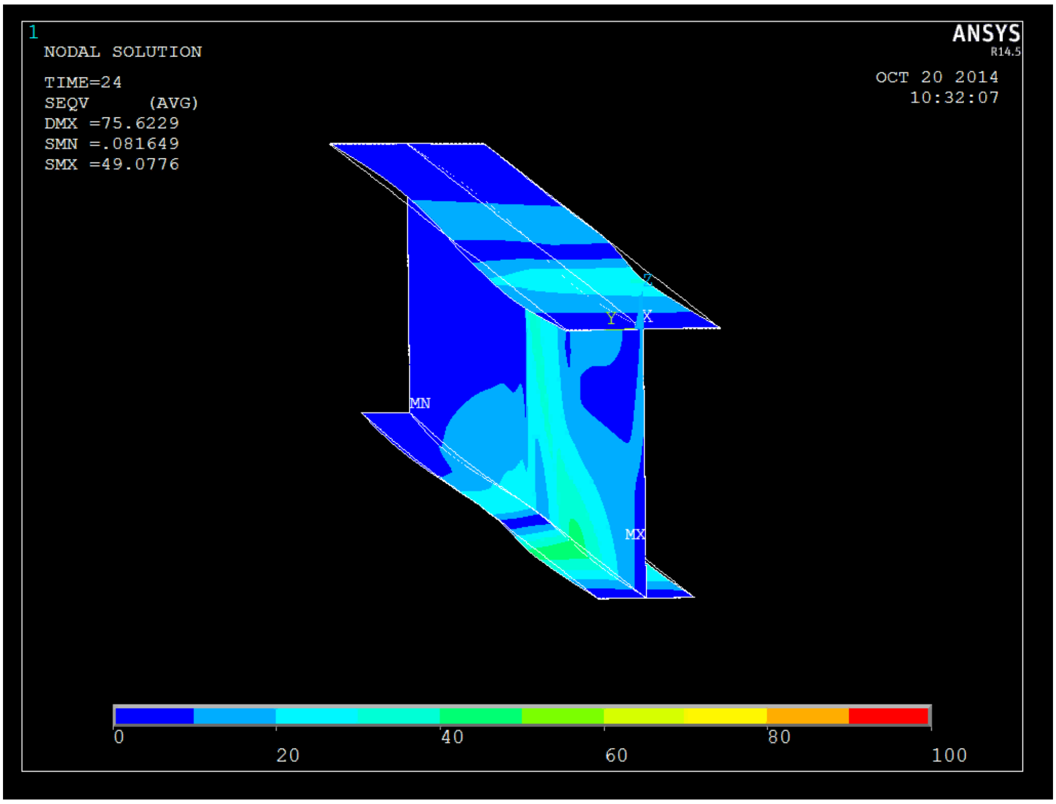
Kranbana i två fack, imperfektioner enligt Annex C



Animering (röd = sträckgräns uppnådd)

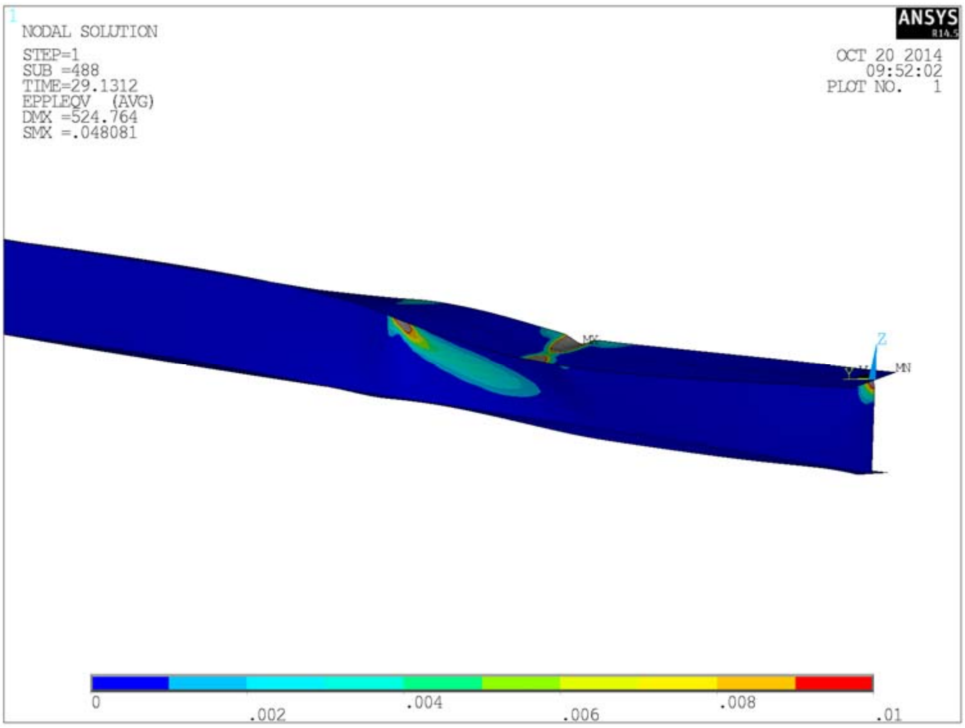


Annat perspektiv



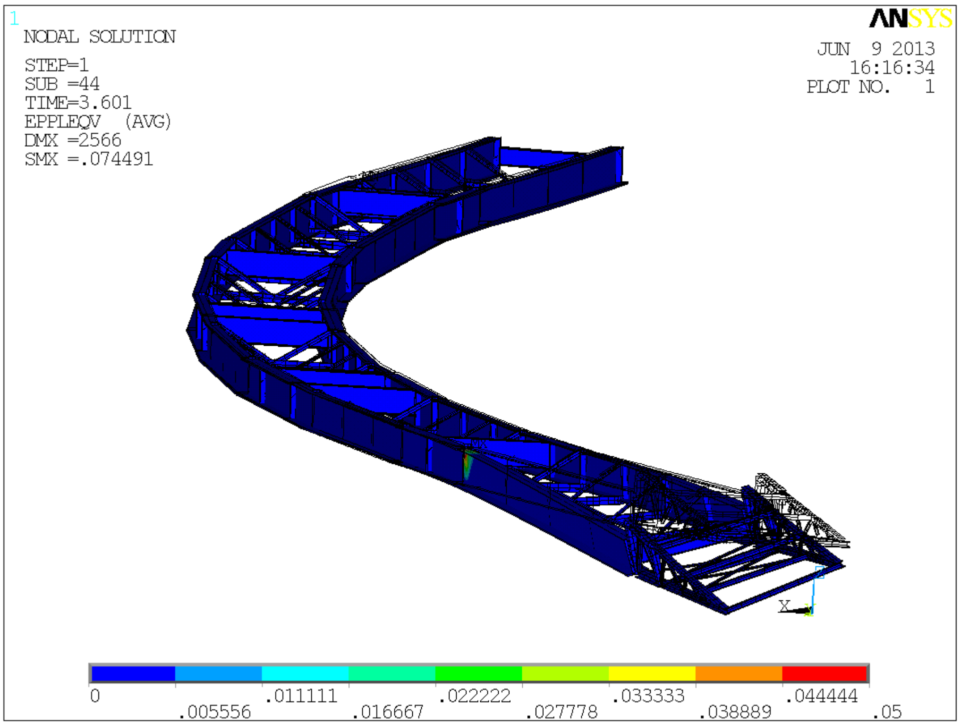
AREVA NP Uddcomb AB

Plastiska töjningar ögonblicket innan kollaps



AREVA NP Uddcomb AB

Gränslastberäkning av bro i kurva under lansering på sneda stöd



AREVA

Avslutande reflektioner

- ►Gränslastanalys, både analytisk för enklare problem och medelst FEM för mer komplicerade, ger en mycket noggrann uppskattning av konstruktionens bärförmåga.
- ►Med FEM kan inverkan av instabilitet inkluderas.
- ►En stor finess är att gränslastanalys behöver vare sig klassificering av spänningar (membran, böj, peak, sekundär, primär) eller nån utvärdering av dessa för att uppskatta bärförmågan. Lösningen <u>är</u> bärförmågan.
- ►Och det är enkelt – och snabbt.

AREVA