

BÄRANDE KONSTRUKTIONER MED EPS.

DIMENSIONERINGSFILOSOFI OCH BERÄKNINGSPRINCIPER

Anpassad till Eurokod

BÄRANDE KONSTRUKTIONER MED EPS

DIMENSIONERINGSFILOSOFI

Dimensioneringsprocessen

Dimensioneringsprocessen för bärande konstruktioner kan delas upp i lämpliga steg. Dessa är i princip alltid desamma oavsett typ av konstruktion och vilken säkerhetsnorm som tillämpas.

Stegen är följande:

1. Bestämning av förutsättningar för
 - geometri
 - material
 - beständighet
 - laster
2. Val av preliminära dimensioner och materialkvaliteter.
3. Kontroll av bärförmågan i brottgränstillstånd för möjliga brottyper
 - beräkning av respektive lasteffekt
 - beräkning av respektive bärförmåga
 - kontroll av säkerheten för de möjliga brottyperna, det vill säga att bärförmågan alltid överstiger lasteffekten
4. Kontroll av funktioner och beteende i bruksgränstillstånd
 - bestämning av relevanta funktionskrav
 - beräkning av respektive lasteffekt
 - kontroll att funktionskrav uppfylls

Partialkoefficientmetoden

Vid dimensionering med partialkoefficientmetod (PK-metod) beaktas säkerheten med hjälp av särskilda säkerhetsfaktorer eller partialkoefficienter för last respektive bärförmåga.

Laster bedöms efter sannolikhet och varaktighet samt risk för personskada vid ett eventuellt brott medan bärförmågan bedöms efter materialegenskaper.

Detta är den grundläggande dimensioneringsfilosofien i Boverkets konstruktionsstandarder, EKS.

Halvstatistisk metod

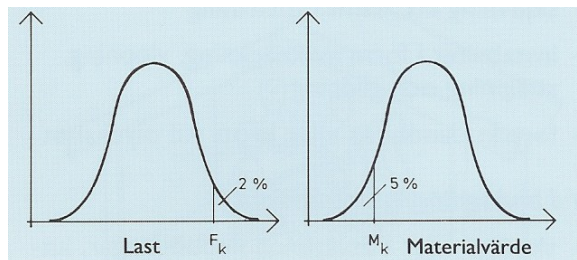
PK-metoden brukar kallas för en halvstatistisk metod. Detta innebär att vissa storheter bestäms statistiskt medan själva *dimensioneringsvillkoret* är enkelt utan statistiska samband.

Karakteristiska värden

Storheter som bestäms på statistisk väg är karakteristiska värden för laster och materialhållfastheter. Även partialkoefficienterna kan sägas vara statistiskt bestämda.

Karakteristiska värden hämtas som regel direkt ur EKS eller tillhandahålls av materialleverantör.

Det karakteristiska värdet för en variabel last ska för byggnader motsvara det värde som med en sannolikhet av 98 % inte överskrids någon gång under ett år, det vill säga 98-procentsfraktilen. För tidsberoende laster motsvarar detta en upprepningstid av 50 år.



Vid bestämning av materialvärde ska osäkerheten mellan värde bestämt genom provning och motsvarande värde i den färdiga konstruktionen beaktas. Det karakteristiska värdet ska därför sättas till den nedre 5-procentsfraktilen, vilket innebär att 95 % av allt tillverkat material minst ska klara angivet värde.

Dimensioneringsvärden

Karakteristiska värden omformas till dimensioneringsvärden med hjälp av partialkoefficienterna γ_f , γ_m och γ_d .

Dimensioneringsvärdet för lasten sammansätts till en dimensionerande lastkombination, som ger en dimensionerande lasteffekt (S_d) i form av tryck-, böj-, skjuvpåkänning, etc.:

$$F_d = \gamma_d \cdot \gamma_f \cdot F_k \Rightarrow S_d$$

Dimensioneringsvärden för materialhållfasthet, geometri och beständighet ger dimensionerande bärförmåga (R_d):

$$M_d = M_k / \gamma_m \Rightarrow R_d$$

där F = allmän beteckning för lastvärde (Force)

M = allmän beteckning för Materialvärde

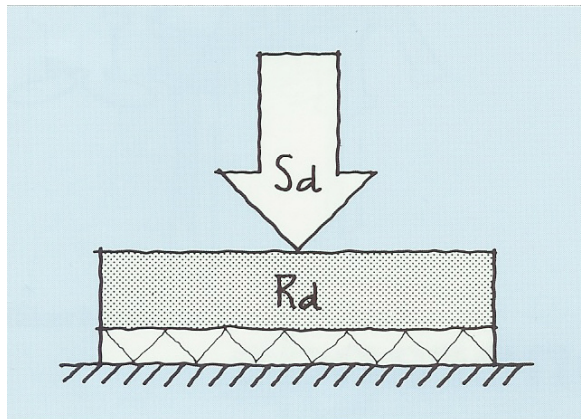
k = index för karakteristiskt värde

d = index för dimensioneringsvärde

f = index för lastvärde

m = index för materialvärde

γ_d = partialkoefficient för säkerhetsklass



Dimensioneringsvillkor: $R_d \geq S_d$

där R = bärförmåga (Resistance)

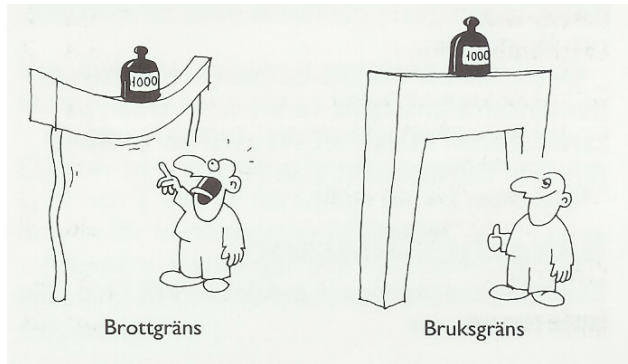
S = lasteffekt (Sollicitation)

Gränstillstånd

Med gränstillstånd avses ett tillstånd där en konstruktion nätt och jämt klarar ställda krav med avseende på materialbrott, instabilitet, deformation, etc.

EKS anger två gränstillstånd som ska analyseras:

- brottgränstillstånd
- bruksgränstillstånd



I brottgränstillstånd ställs krav med avseende på:

- materialbrott på grund av tryck, böjning, skjuvning etc. samt utmattning.
- instabilitet i form av knäckning, vippning, stjälpning och glidning.
- fortkridande ras eller brott vid olyckslast.

I bruksgränstillstånd beaktas:

- skadliga eller besvärande nedböjningar, lutningar eller sättningar.
- skadliga eller besvärande sprickbildningar.
- skadliga eller besvärande svängningar.

Dimensionering i brottgränstillstånd

Bestämning av lastvärden och lasteffekter

I gällande normer anges de laster som ska användas och hur dessa ska kombineras i olika lastkombinationer. EKS föreskriver fyra olika huvudkombinationer av lastfall för brottgränstillstånd med tillhörande partialkoefficienter. Av dessa behöver man normalt bara kontrollera en eller högst två.

Med hjälp av föreskrivna lastvärden och partialkoefficienter beräknas dimensionerande lastvärden enligt följande principuttryck:

$$F_d = \sum \gamma_d \cdot \gamma_{fG} \cdot G_k + \gamma_d \cdot \gamma_{fQ} \cdot Q_k \text{ (en huvudlast)} + \sum \gamma_d \cdot \gamma_{fQ} \cdot \psi \cdot Q_k \text{ (övriga variabla laster)}$$

där G_k = karakteristiskt värde för permanent last.

Q_k = karakteristiskt värde för variabel last.

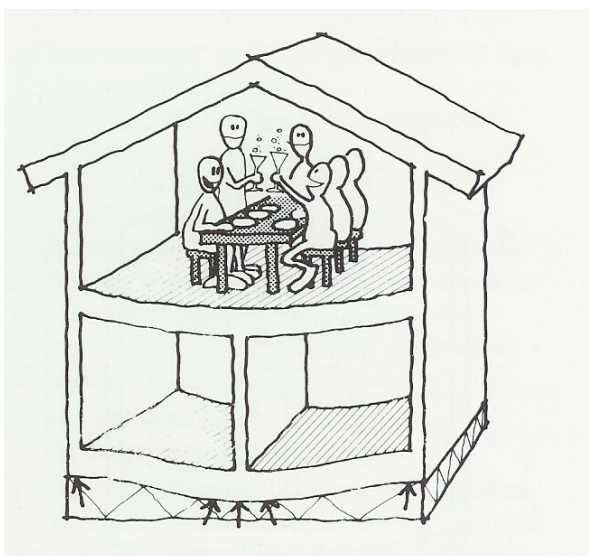
$\psi \cdot Q_k$ = vanligt värde för variabel last.

γ_{fG} = partialkoefficient för permanent last.
Partialkoefficientens storlek bestäms av den aktuella lastkombinationen i EKS.

γ_{fQ} = partialkoefficient för variabel last.
Partialkoefficientens storlek bestäms av den aktuella lastkombinationen i EKS.

γ_d partialkoefficient för säkerhetsklass

Den dimensionerande lasteffekten S_d beräknas för hand eller med hjälp av datorprogram med lämplig beräkningsmodell och med dimensionerande lastvärden insatta.



Bestämning av bärförmåga för olika brottyper

Det dimensionerande materialvärdet för en EPS-konstruktion tecknas i överensstämmelse med EKS med hjälp av följande samband:

$$\left. \begin{aligned} f_d &= \frac{\kappa_r \cdot f_k}{\gamma_m} \\ E_d &= \frac{\kappa_r \cdot E_k}{\gamma_m} \end{aligned} \right\} \Rightarrow R_a$$

$$\left. \begin{aligned} f_d &= \frac{\kappa_r \cdot f_k}{\gamma_m} \\ E_d &= \kappa_r \cdot E_k \cdot \gamma_m \end{aligned} \right\} \Rightarrow R_b$$

$$\left. \left. \begin{aligned} & \\ & \end{aligned} \right\} \right\} \Rightarrow R_d \leq R_{a,b}$$

- där κ_r = omräkningsfaktor som för en EPS-konstruktion bestäms av varaktigheten för den kortvarigaste lasten i den aktuella lastkombinationen, se [4].
- f_k = karakteristiskt värde för EPS-materialets hållfasthet enligt EN 826 definierat som den nedre 5-procentsfraktilen, se [4].
- γ_m = partialkoefficient för material, se [4].
- E_k = karakteristiskt värde för styvhet definierat som medelvärde.
- R_a = bärförmåga med lågt värde på EPS-materialets styvhet.
- R_b = bärförmåga med högt värde på EPS-materialets styvhet.

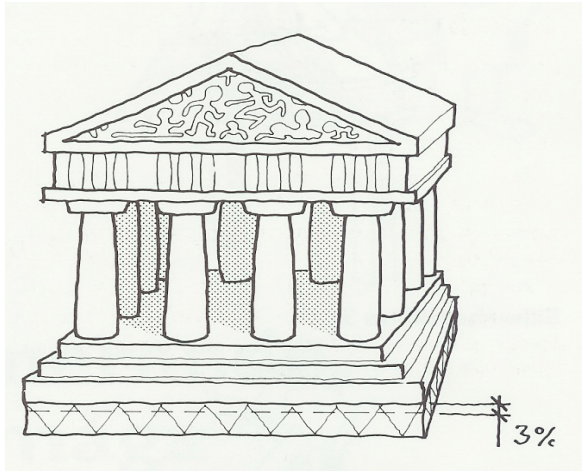
Den dimensionerande bärförmågan R_d beräknas för hand eller med hjälp av datorprogrammet PEPS.

Dimensionering i bruksgränstillstånd

Val av funktionskriterier

Kraven i EKS för bruksgränstillståndet är inte kvantifierade. Det är därför konstruktörens ansvar att formulera relevanta dimensioneringskriterier med hänsyn till konstruktionens verkningsätt och de skador eller olägenheter som kan uppkomma. För konstruktioner med bärande EPS är det enbart deformationskriteriet som är aktuellt att kontrollera för långtidslast.

För EPS bör krypdeformationen begränsas till 2 % alternativt totaldeformationen begränsas till 3 % för lastkombinationer med lång varaktighet.



Bestämning av lastvärden och lasteffekter

I gällande normer anges de laster som ska användas och hur dessa ska kombineras i olika lastkombinationer.

För EPS-konstruktioner där skadeorsaken är långtidslast kan dimensionerande lastvärde beräknas enligt följande principuttryck:

$$F_d = \Sigma G_k + \psi_1 \cdot Q_k \text{ (en huvudlast)} + \Sigma \psi_2 \cdot Q_k \text{ (övriga variabla laster)}$$

där $\psi_{1,2} \cdot Q_k$ = långtidsvärde för variabel last.

Principformeln för dimensionerande materialvärde för EPS i bruksgränstillstånd lyder:

$$E_d = \frac{\kappa_s \cdot E_k}{\gamma_m}$$

där κ_s = omräkningsfaktor som bestäms av varaktigheten för den kortvarigaste lasten i den aktuella lastkombinationen, se [4].

γ_m = partialkoefficient för material som får sättas till 1,0.

E_k = karakteristiskt värde för styvhet definierat som medelvärde, se [4].

Lasters varaktighet

Inverkan av lasters varaktighet på bärförmågan och styvhet ska beaktas vid dimensionering av konstruktioner med bärande EPS. Detta ska ske genom särskilda omräkningsfaktorer κ_r och κ_s . Dessa faktorer ska bestämmas med hänsyn till den lastgruppering som anges i följande tabell.

Lasttyp	Sammanlagd varaktighet	Exempel på lasttyper
Permanent last Lasttyp P	mer än 10 år	Egentyngd av permanenta byggnadsverk.
Variabel last Lasttyp L	mellan 6 månader och 10 år	Nyttig last i lagerlokal.
Lasttyp M	mellan 1 vecka och 6 månader	Nyttig last i byggnader förutom i lagerlokal. Snölast. Last på betongformar och liknande tillfälliga konstruktioner. Trafiklast.
Lasttyp S	mindre än 1 vecka	Vindlast. Last från dispenstrafik.

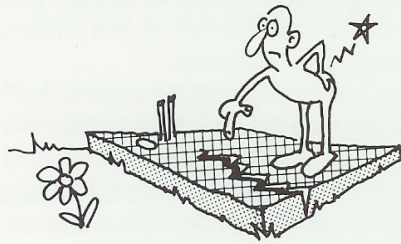
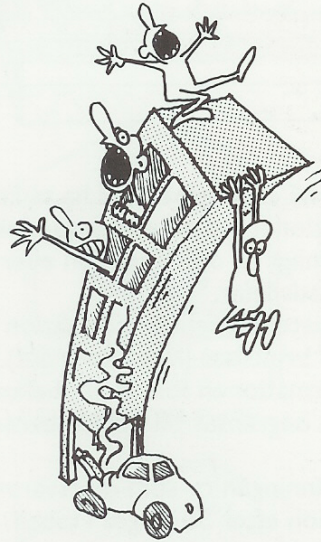
Säkerhetsklasser

Med hänsyn till omfattningen av de personskador som kan befaras uppkomma vid brott i en byggnadsdel ska dessa hänföras till någon av följande säkerhetsklasser:

- säkerhetsklass 1 (låg), liten risk för allvarliga personskador
- säkerhetsklass 2 (normal), någon risk för allvarliga personskador
- säkerhetsklass 3 (hög), stor risk för allvarliga personskador

Normalt hamnar bärande konstruktioner med EPS typ platta på mark i säkerhetsklass 1 eftersom brott i sådan byggnadsdel inte leder till kollaps utan enbart begränsad bruk-

barhet. Högre säkerhetsklass kan vara befogad för exempelvis bärande isolering under grundplatta för stompelare där en alltför stor sammantryckning kan leda till lastomlagringar med konsekvenser för anslutande stomdelar.

Säkerhetsklass 1**Säkerhetsklass 2****Säkerhetsklass 3**

BERÄKNINGSPROGRAMMET PEPS

BERÄKNINGSSPRINCIPER

Teori

Beräkningsmetoden i PEPS baseras på fjäderbäddsteori enligt Winkler med antagandet att såväl betongplattan som underlaget (EPS-cellplast och mark) har elastiska egenskaper.

Då betongplattan vilar på ett underlag av flera skikt måste bäddens sammanvägda bäddmodul beräknas. Denna beräknas med hänsyn till att EPS-cellplasten utgör ett ”mjukare” skikt än underliggande mark enligt teorin för seriekopplade fjädrar.

Enligt försök gjorda av A Losberg beräknas betongplattans böjstyvhet för sprucket tvärsnitt, stadium II. Även om detta stadium aldrig uppnås annat än för en begränsad del av plattan kring lastpunkten ger detta antagande bäst överensstämmelse med verkligt beteende, se [7].

Betongens krypning för långtidslast beaktas genom reducering av betongens E-modul med hjälp av kryptalet, se [2].

Lasteffekten beräknas med hjälp av [6] eller [7].

Begränsningar

Med beräkningsprogrammet PEPS dimensionerar man platta på mark med hjälp av partialkoefficientmetoden i överensstämmelse med Boverkets byggregler, [1] och Boverkets konstruktionsstandarder EKS, [2]. Såväl platta invändigt som plattkant med eller utan kantbalk analyseras för belastning med linje- eller punktlaster.

Programmet beräknar och anger dimensionerande bärförmåga i brottgränstillstånd för vald konstruktion vid respektive lastvaraktighet P, L, M och S vilken bestäms av den kortvarigaste lasten i lastkombinationen, [4].

Programmet får endast användas för EPS-material med dokumenterad tillverkningskontroll avseende karakteristisk tryckhållfasthet. Karakteristiska värden för respektive hållfasthetsklass framgår av [4].

Programmet genomför också en deformationskontroll i bruksgränstillstånd för vald lastkombination med lång varaktighet, P eller L.

Observera att den bruksgränskontroll som görs av programmet inte tar hänsyn till plastisk deformation i jordmaterialet under EPS-cellplasten.

För sättningsbenägen undergrund måste jordens sättningsegenskaper bedömas separat. En begränsning av jordens bärförmåga kan vara nödvändig av denna orsak. Kontakta sakkunnig geotekniker för rådgivning.

Programmet är utformat med hjälptexter för varje typ av indata. Orimliga indata accepteras inte.

Materialdata

Programmet innehåller alla erforderliga materialdata och partialkoefficienter såväl för betong och armering som för jordmaterial och EPS-cellplast. Vid beräkning i geoteknisk klass 2 (GK2) ska valda jordparametrar verifieras av sakkunnig geotekniker, i annat fall används geoteknisk klass 1 (GK1).

Laster

Programmet kan hantera såväl linjelaster som punktlaster.

Lastens placering anges vid last nära plattkant.

För punktlast måste lastutbredningsytan anges som ett värde på diametern för en ekvivalent cirkulär lastyta.

Programmet visar minsta rekommenderade c/c-avstånd mellan invändiga laster vid angiven dimensionerande bärförmåga.

Kanttyper

Programmet analyserar dels jämntjock och dels kantförstyvad platta.

Jordens bärförmåga

Jordens bärförmåga beräknas i geoteknisk klass 2 (GK2) med hjälp av ”Allmänna bärrighetsekvationen” [5] som även bestämmer grundtryckets fördelning vid plasticering av jorden. I GK1 tillämpas tabellerade värden på bärförmågan enligt EKS.

Bärförmågan i brottgränstillstånd beräknas med hänsyn till både elastisk och plastisk tryckfördelning i undergrunden.

Dimensionerande bärförmåga i brottgränstillstånd

Programmet beräknar dimensionerande bärförmåga i brottgränstillstånd vid respektive varaktighet P, L, M och S vilken bestäms av den kortvarigaste lasten i lastkombinationen, [4].

Dimensionerande bärförmåga bestäms av någon av följande orsaker:

- Betongplattans moment- och genomstansningskapacitet
- Kantbalkens momentkapacitet
- EPS-cellplastens bärförmåga
- Jordens bärförmåga

Programmet redovisar gällande orsak till angiven bärförmåga. Detta underlättar för konstruktören att vidta rätt åtgärd för att påverka bärförmågan.

För LF 8 och LF 9 måste konstruktören själv tillsvidare kontrollera att inlagd bygelarmering är tillräcklig för att klara maximal tvärkraft (= halva punktlasten).

Bruksgränskontroll

Programmet genomför deformationskontroll för inmatad brukslast (varaktighet P eller L).

Såväl EPS-cellplastens maximala sammantryckning som kantbalkens lutningsändring beräknas.

För EPS-cellplast bör totaldeformationen begränsas till 3% och för kantbalken bör lutningsändringen begränsas till 1%.

Bärande EPS

Programmet förutsätter att hela plattan vilar på bärande EPS-cellplast. Programmet informerar om erforderlig utbredning av vald EPS-klass under last med hänsyn till den valda klassen för övrig EPS-isolering.

Programmet förutsätter att den bärande isoleringen under kantbalken kragar ut från balkens insida med minst ett mått motsvarande halva tjockleken av EPS-skivan.

Armering i platta

Konstruktören ansvarar för att plattans armering uppfyller minimikraven i kapitel 9 EKS och Eurokod 2, [2] och [3].

Programmet accepterar inte orimliga värden på armeringsinnehållet. Värden på armeringsinnehåll som motsvarar balanserad armering utgör övre gräns.

Programmet anger rekommenderat armeringsinnehåll med hänsyn till behov av sprickfördelning i betongplattan i bruksgränstillstånd.

Armering i kantbalk

Konstruktören ansvarar för att balkens byglar och längsgående armering i såväl underkant som överkant uppfyller minimikraven i kapitel 9 EKS och Eurokod 2, [2] och [3].

Programmet förutsätter att plattans momentupptagande armering i anslutning till kantbalken är fullt förankrad i denna för erforderlig samverkan mellan platta och kantbalk.

Exempelvis utförs detta med hjälp av balkens byglar, som förutsätts ha minst samma tvärsnittsarea som den anslutande plattarmeringen och vars övre horisontella skänkel kan dras in i plattan för erforderlig omlottskarvning med plattans armering enligt Eurokod 2, [3] eller på annat sätt.

REFERENSER

1. *Boverkets byggregler, BBR.*
2. *Boverkets konstruktionsstandarder, EKS.*
3. *Svensk standard SS-EN 1992-1-1:2005. Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner – Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader.*

4. Konstruktioner med bärande EPS. Anpassad till Eurokod.
IKEM/WSP 2016.
5. Handboken Plattgrundläggning.
AB Svensk Byggtjänst och Statens geotekniska institut, 1993.
6. Hetényi M, Beams on elastic foundation. Eighth printing
Ann Arbor, The University of Michigan, 1967.
7. Losberg A, Design methods for structurally reinforced concrete pavements.
CTH Handlingar 250, 1961.
8. Vlasov and Leontév, Beams, Plates and Shells on Elastic Foundations.
Jerusalem, 1966.