

# **TERÄSBETONISEN MASTOPILARIN PALOMITOITUSOHJE**

**Eurokoodimitoitus taulukoilla tai diagrammeilla**

**betoni**

**Toukokuu 2008**

## **Alkulause**

Betonirakenteiden suunnittelussa ollaan siirtymässä eurokoodeihin. Betonirakenteiden palomitoitus tehdään standardin SFS-EN 1992-1-2 mukaan. Pilarien taulukkomitoitus on kuitenkin rajattu koskemaan vain jäykistettyjä rakenteita eli standardin kohdan 5.3 taulukoita ei voi käyttää mastopilareille. Tampereen teknillisessä yliopistossa tehdyssä Mikko Salmisen diplomityössä kehitettiin SFS-EN 1992-1-2 vyöhykemenetelmän mukainen laskentaohjelma mastopilarien palomitoitukseen.

Tämän suunnitteluohjeen on laatinut Betonikeskus ry:n toimeksiannosta dipl. ins Mikko Salminen/TTY. Diplomityötä ja suunnitteluohjeen laadintaa ovat tilaajan puolesta ohjanneet tekn.lis. Harri Isoherranen/Parma Oy ja dipl.ins. Tauno Hietanen/Betonikeskus ry.

**Sisällysluettelo**

1	Ohjeen soveltamisala .....	1
2	Mitoitus taulukoilla .....	1
2.1	Taulukoiden käyttö .....	1
2.2	Taulukot .....	3
3	Mitoitus diagrammeilla .....	7
3.1	Diagrammien käyttö.....	7
3.2	Diagrammit .....	10
4	Esimerkkilaskelma .....	46
4.1	Tehtävä ja lähtötiedot.....	46
4.2	Laskenta normaalilämpötilassa.....	48
4.3	Palonkestävyyden tarkistaminen taulukoilla.....	49
4.4	Palonkestävyyden tarkistaminen diagrammeilla.....	52

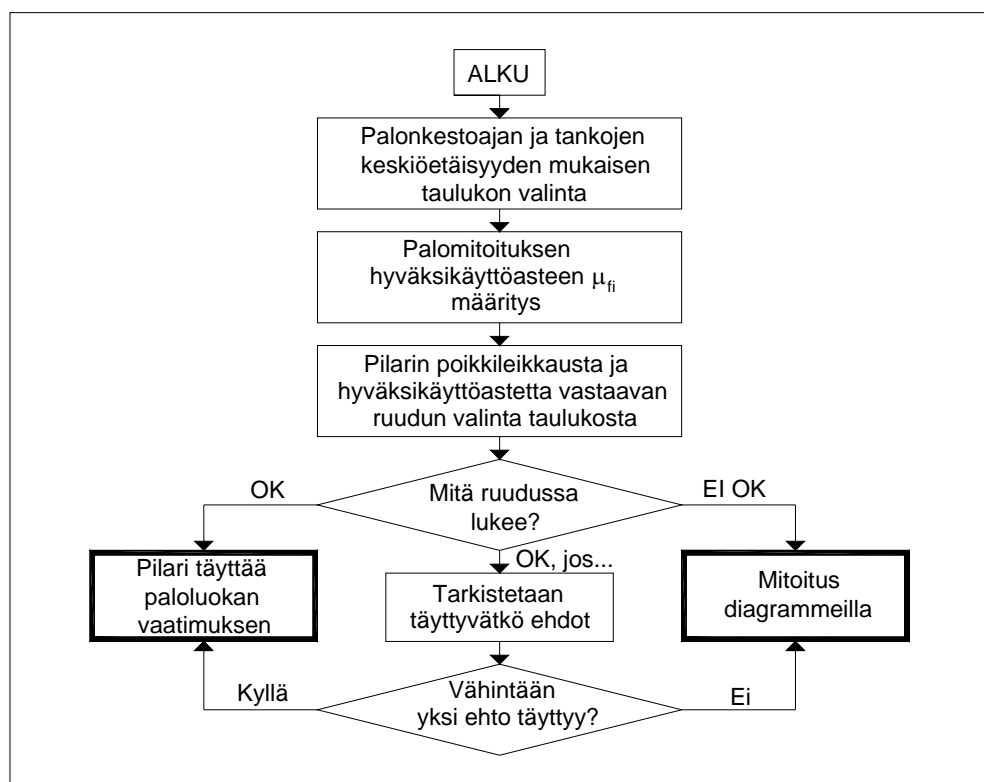
# 1 Ohjeen soveltamisala

Tätä mitoitusohjetta voidaan käyttää teräsbetonisen mastopilarin paloluokan R määrittämiseen joko taulukoilla tai diagrammeilla. Ohjetta käytetään eurokoodisuunnittelussa, eli kaikki rakennesuunnittelu, kuormitukset ja palomitoitus mukaan lukien tehdään SFS-EN eurokoodeilla noudattaen Suomen kansallisia liitteitä. Ohje kattaa tavanomaiset mastopilarit ja mittoja ja raudoituksia koskevat rajoitukset esitetään taulukoiden ja diagrammien yhteydessä.

## 2 Mitoitus taulukoilla

### 2.1 Taulukoiden käyttö

Palomitoituksen kulku taulukoilla on esitetty kaaviona kuvassa 1.



*Kuva 1 Kulkukaavio palomitoituksesta taulukoilla*

Taulukoiden otsikkotiedoissa on esitetty paloluokka R ja tankojen keskiöetäisyys a. Mikäli palotilanne ei tule mitoittavaksi tietyllä poikkileikkauksella ja palotilanteen hyväksikäyttöasteen arvolla  $\mu_{fi}$ , lukee sitä vastaavassa ruudussa ”OK”. Jos palotilanne voi tulla mitoittavaksi, lukee ruudussa ”OK, jos..” ja tämän alla on annettu 1-5 ehtoa, joista yhdenkin toteutuessa pilari täyttää paloluokan vaatimuksen. Taulukoissa olevat ehdot liittyvät alkuepäkeskisyyteen  $e_a$ , mekaaniseen raudoitussuhteeseen  $\omega$ , sekä pääraudoituksen tankojen halkaisijaan T.

Taulukoissa käytettävät merkinnät määritellään:

$$\mu_{fi} = N_{Ed,fi} / N_{Rd} = \mu \eta_{fi}$$

missä  $N_{Ed,fi}$  on normaalivoiman mitoitusarvo palotilanteessa, katso 3.1  
 $N_{Rd}$  on pilarin kestävyuden mitoitusarvo normaalilämpötilassa  
 $\mu$  on hyväksikäyttöaste normaalilämpötilassa  
 $\eta_{fi}$  on kuormien palotilanteen vähennyskerroin

$$e_a = \frac{M_{0Ed}}{N_{Ed}}, \text{alkuepäkeskisyyys normaalilämpötilassa,}$$

missä  $M_{0Ed}$  on ensimmäisen kertaluvun taivutusmomentin mitoitusarvo normaalilämpötilassa ja  
 $N_{Ed}$  on normaalivoiman mitoitusarvo normaalilämpötilassa.

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{b h f_{cd}}, \text{mekaaninen raudoitussuhde,}$$

missä  $A_s$  on koko poikkileikkauksessa oleva pääraudoituksen kokonaispinta-ala,  
 $f_{yd}$  on teräksen laskentalujuus normaalilämpötilassa,  
 $f_{cd}$  on betonin laskentalujuus normaalilämpötilassa,  
b on poikkileikkauksen leveys ja  
h on poikkileikkauksen korkeus

Taulukot soveltuvat käytettäväksi seuraaville tapauksille:

- Palonkestoajat R 60, R 90 ja R 120
- Poikkileikkaukset  $380 \times 380$ ,  $480 \times 480$ ,  $580 \times 580$ ,  $680 \times 680$ ,  $480 \times 580$  ja  $480 \times 680 \text{ mm}^2$ . Poikkileikkauksilla  $480 \times 580$  ja  $480 \times 680 \text{ mm}^2$  taivutus vahvempaan suuntaan.
- Pilarin hoikkuus  $\lambda$  on väliltä 60-140
- Tankojen keskiöetäisyys on vähintään taulukon mukainen

Pilarin hoikkuus  $\lambda$  määritellään SFS EN 1992-1-1:n mukaisesti

$$\lambda = \frac{l_0}{i},$$

missä  $l_0$  on pilarin SFS EN 1992-1-1:n mukainen nurjahduspituus,

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}, \text{ poikkileikkauksen neliösäde,}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}, \text{ poikkileikkauksen neliömomentti ja}$$

$A$  on poikkileikkauksen pinta-ala.

Keskiöetäisyyden ollessa todellisuudessa suurempi kuin taulukon arvo, ollaan aina varmalla puolella ja kun taas keskiöetäisyys on taulukon arvoa pienempi, taulukko antaa epävarmalla puolella olevan tuloksen. Mikäli pilarin poikkileikkaus on suurempi kuin  $680 \times 680 \text{ mm}^2$  voidaan käyttää poikkileikkauksen  $680 \times 680 \text{ mm}^2$  mukaista kohtaa taulukosta, joka antaa varmalla puolella olevan tuloksen.

## 2.2 Taulukot

Taulukoissa 1-3 on esitetty mastopilareiden palomitoitus keskiöetäisyydellä  $a=50 \text{ mm}$  paloluokille R 60, R 90 ja R 120.

Taulukko 1 Paloluokka R 60

R 60	$\mu_n$				
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
a=50 mm					
380x380	OK	OK	OK, jos 1. $\omega \leq 0,65$ ja $12 \leq T \leq 32$ tai 2. $0,10 \leq \omega \leq 0,35$ tai 3. $e_a \geq 180$ mm	OK, jos 1. $0,10 \leq \omega \leq 0,30$ ja $e_a \geq 100$ mm tai 2. $\omega \leq 0,50$ ja $e_a \geq 150$ mm tai 3. $\omega \leq 0,80$ ja $e_a \geq 250$ mm tai 4. $\omega \leq 1,05$ ja $e_a \geq 350$ mm tai 5. $e_a \geq 550$ mm	OK, jos 1. $0,10 \leq \omega \leq 0,25$ ja $e_a \geq 200$ mm tai 2. $\omega \leq 0,50$ ja $e_a \geq 300$ mm tai 3. $\omega \leq 0,80$ ja $e_a \geq 500$ mm tai 4. $\omega \leq 1,05$ ja $e_a \geq 700$ mm tai 5. $\omega \leq 1,25$ ja $e_a \geq 850$ mm
480x480	OK	OK	OK	OK, jos 1. $0,10 \leq \omega \leq 0,30$ ja $e_a \geq 40$ mm tai 2. $0,05 \leq \omega \leq 0,60$ ja $e_a \geq 80$ mm tai 3. $0,05 \leq \omega \leq 0,80$ ja $e_a \geq 140$ mm tai 4. $e_a \geq 290$ mm	OK, jos 1. $0,10 \leq \omega \leq 0,30$ ja $e_a \geq 150$ mm tai 2. $0,05 \leq \omega \leq 0,50$ ja $e_a \geq 200$ mm tai 3. $\omega \leq 0,65$ ja $e_a \geq 300$ mm tai 4. $\omega \leq 0,80$ ja $e_a \geq 400$ mm tai 5. $\omega \leq 1,30$ ja $e_a \geq 650$ mm
580x580	OK	OK	OK	OK, jos 1. $\omega \leq 0,55$ tai 2. $T \leq 32$ mm tai 3. $e_a \geq 80$ mm	OK, jos 1. $\omega \leq 0,25$ ja $e_a \geq 60$ mm tai 2. $\omega \leq 0,35$ ja $e_a \geq 140$ mm tai 3. $\omega \leq 0,45$ ja $e_a \geq 200$ mm tai 4. $\omega \leq 0,55$ ja $e_a \geq 250$ mm tai 5. $\omega \leq 0,85$ ja $e_a \geq 320$ mm
680x680	OK	OK	OK	OK	OK, jos 1. $\omega \leq 0,32$ tai 2. $T \leq 25$ mm tai 3. $\omega \leq 0,40$ ja $e_a \geq 60$ mm tai 4. $\omega \leq 0,62$ ja $e_a \geq 170$ mm
480x580	OK	OK	OK	OK, jos 1. $\omega \leq 0,25$ tai 2. $e_a \geq 160$ mm tai 3. $\omega \leq 1,00$ ja $e_a \geq 80$ mm	OK, jos 1. $\omega \leq 0,30$ ja $e_a \geq 180$ mm tai 2. $\omega \leq 0,50$ ja $e_a \geq 300$ mm tai 3. $\omega \leq 0,80$ ja $e_a \geq 390$ mm tai 4. $e_a \geq 650$ mm
480x680	OK	OK	OK	OK, jos 1. $\omega \leq 0,35$ tai 2. $T \leq 25$ mm tai 3. $\omega \leq 0,45$ ja $e_a \geq 50$ mm tai 4. $\omega \leq 0,90$ ja $e_a \geq 130$ mm tai 5. $e_a \geq 160$ mm	OK, jos 1. $\omega \leq 0,25$ ja $e_a \geq 110$ mm tai 2. $\omega \leq 0,30$ ja $e_a \geq 160$ mm tai 3. $\omega \leq 0,45$ ja $e_a \geq 240$ mm tai 4. $\omega \leq 0,85$ ja $e_a \geq 500$ mm tai 5. $e_a \geq 650$ mm

Taulukko 2 Paloluokka R 90

R 90	$\mu_{fl}$				
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
<b>a=50 mm</b>	OK, jos 1. $\omega \leq 0,60$ ja $T > 12$ tai 2. $0,10 < \omega \leq 0,60$ tai 3. $\omega \leq 0,70$ ja $e_g > 100$ mm tai 4. $\omega \leq 0,80$ ja $e_g > 160$ mm tai 5. $e_g > 300$ mm	OK, jos 1. $0,15 < \omega \leq 0,35$ ja $e_g > 100$ mm tai 2. $0,10 < \omega \leq 0,50$ ja $e_g > 150$ mm tai 3. $\omega \leq 0,65$ ja $e_g > 200$ mm tai 4. $\omega \leq 0,75$ ja $e_g > 300$ mm tai 5. $\omega \leq 1,30$ ja $e_g > 700$ mm	OK, jos 1. $0,20 < \omega \leq 0,30$ ja $e_g > 200$ mm tai 2. $0,10 < \omega \leq 0,35$ ja $e_g > 250$ mm tai 3. $\omega \leq 0,50$ ja $e_g > 300$ mm tai 4. $\omega \leq 0,65$ ja $e_g > 450$ mm tai 5. $\omega \leq 0,75$ ja $e_g > 650$ mm	OK, jos 1. $0,20 < \omega \leq 0,45$ ja $e_g > 750$ mm	Ei OK
<b>380x380</b>	OK, jos 1. $\omega \leq 0,80$ tai 2. $T \leq 32$ mm tai 3. $e_g > 100$ mm	OK, jos 1. $0,10 < \omega \leq 0,50$ ja $e_g > 150$ mm tai 2. $0,05 < \omega \leq 0,65$ ja $e_g > 250$ mm tai 3. $0,05 < \omega \leq 0,80$ ja $e_g > 400$ mm tai 4. $\omega > 0,05$ ja $e_g > 900$ mm	OK, jos 1. $\omega \leq 0,65$ tai 2. $T \leq 25$ mm tai 3. $e_g > 280$ mm	OK, jos 1. $0,40 < \omega \leq 0,50$ ja $e_g > 300$ mm tai 2. $0,10 < \omega \leq 0,25$ ja $e_g > 400$ mm tai 3. $0,10 < \omega \leq 0,60$ ja $e_g > 500$ mm tai 4. $0,10 < \omega \leq 0,80$ ja $e_g > 750$ mm	OK, jos 1. $0,40 < \omega \leq 0,50$ ja $e_g > 700$ mm
<b>480x480</b>	OK, jos 1. $\omega \leq 0,80$ tai 2. $T \leq 32$ mm tai 3. $e_g > 100$ mm	OK, jos 1. $0,10 < \omega \leq 0,60$ tai 2. $0,05 < \omega \leq 0,80$ ja $e_g > 150$ mm tai 3. $\omega > 0,05$ ja $e_g > 400$ mm	OK, jos 1. $\omega \leq 0,65$ tai 2. $T \leq 25$ mm tai 3. $e_g > 280$ mm	OK, jos 1. $0,10 < \omega \leq 0,20$ ja $e_g > 100$ mm tai 2. $\omega \leq 0,35$ ja $e_g > 150$ mm tai 3. $\omega \leq 0,55$ ja $e_g > 200$ mm tai 4. $\omega \leq 0,70$ ja $e_g > 350$ mm tai 5. $\omega \leq 0,90$ ja $e_g > 500$ mm	OK, jos 1. $\omega \leq 0,20$ ja $e_g > 300$ mm tai 2. $\omega \leq 0,25$ ja $e_g > 400$ mm tai 3. $\omega \leq 0,35$ ja $e_g > 550$ mm tai 4. $\omega \leq 0,40$ ja $e_g > 650$ mm tai 5. $\omega \leq 0,55$ ja $e_g > 900$ mm
<b>580x580</b>	OK	OK	OK, jos 1. $\omega \leq 0,65$ tai 2. $T \leq 25$ mm tai 3. $e_g > 280$ mm	OK, jos 1. $0,10 < \omega \leq 0,20$ ja $e_g > 100$ mm tai 2. $\omega \leq 0,35$ ja $e_g > 150$ mm tai 3. $\omega \leq 0,55$ ja $e_g > 200$ mm tai 4. $\omega \leq 0,70$ ja $e_g > 350$ mm tai 5. $\omega \leq 0,90$ ja $e_g > 500$ mm	OK, jos 1. $\omega \leq 0,20$ ja $e_g > 300$ mm tai 2. $\omega \leq 0,25$ ja $e_g > 400$ mm tai 3. $\omega \leq 0,35$ ja $e_g > 550$ mm tai 4. $\omega \leq 0,40$ ja $e_g > 650$ mm tai 5. $\omega \leq 0,55$ ja $e_g > 900$ mm
<b>680x680</b>	OK	OK	OK	OK, jos 1. $\omega \leq 0,38$ tai 2. $T \leq 25$ mm tai 3. $e_g > 300$ mm	OK, jos 1. $0,08 < \omega \leq 0,26$ ja $e_g > 150$ mm tai 2. $\omega \leq 0,26$ ja $e_g > 200$ mm tai 3. $\omega \leq 0,32$ ja $e_g > 250$ mm tai 4. $\omega \leq 0,40$ ja $e_g > 300$ mm tai 5. $\omega \leq 0,66$ ja $e_g > 600$ mm
<b>480x580</b>	OK	OK, jos 1. $\omega \leq 0,80$ tai 2. $T \leq 32$ mm tai 3. $e_g > 260$ mm	OK, jos 1. $0,10 < \omega \leq 0,50$ ja $e_g > 100$ mm tai 2. $\omega \leq 0,60$ ja $e_g > 150$ mm tai 3. $\omega \leq 0,80$ ja $e_g > 300$ mm tai 4. $\omega \leq 1,10$ ja $e_g > 450$ mm tai	OK, jos 1. $0,10 < \omega \leq 0,20$ ja $e_g > 250$ mm tai 2. $\omega \leq 0,30$ ja $e_g > 300$ mm tai 3. $\omega \leq 0,50$ ja $e_g > 400$ mm tai 4. $\omega \leq 0,65$ ja $e_g > 550$ mm tai 5. $\omega \leq 0,80$ ja $e_g > 650$ mm	
<b>480x680</b>	OK	OK, jos 1. $\omega \leq 0,90$ tai 2. $T \leq 32$ mm tai 3. $e_g > 110$ mm	OK, jos 1. $0,10 < \omega \leq 0,25$ tai 2. $\omega \leq 0,45$ ja $e_g > 100$ mm tai 3. $\omega \leq 0,70$ ja $e_g > 160$ mm tai 4. $\omega \leq 0,90$ ja $e_g > 260$ mm tai 5. $e_g > 560$ mm	OK, jos 1. $\omega \leq 0,15$ ja $e_g > 600$ mm tai 2. $\omega \leq 0,20$ ja $e_g > 700$ mm tai 3. $\omega \leq 0,25$ ja $e_g > 850$ mm	



Taulukko 3 Paloluokka R 120

R 120	H <sub>ri</sub>				
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
a=50 mm	OK, jos 1. 0,20< $\omega$ <0,30 ja e <sub>a</sub> >350 mm tai 2. 0,20< $\omega$ <0,45 ja e <sub>a</sub> >400 mm tai 3. 0,20< $\omega$ <0,75 ja e <sub>a</sub> >550 mm tai 4. 0,20< $\omega$ <0,95 ja e <sub>a</sub> >650 mm	Ei OK	Ei OK	Ei OK	Ei OK
380x380	OK, jos 1. 0,40< $\omega$ <0,65 tai 2. 0,40< $\omega$ <0,80 ja e <sub>a</sub> >100 mm tai 3. 0,10< $\omega$ <0,80 ja e <sub>a</sub> >200 mm tai 4. 0,10< $\omega$ <1,30 ja e <sub>a</sub> >350 mm	OK, jos 1. 0,40< $\omega$ <0,50 ja e <sub>a</sub> >200 mm tai 2. 0,40< $\omega$ <0,60 ja e <sub>a</sub> >300 mm tai 3. 0,40< $\omega$ <0,65 ja e <sub>a</sub> >350 mm tai 4. 0,40< $\omega$ <0,80 ja e <sub>a</sub> >400 mm tai 3. 0,40< $\omega$ <1,00 ja e <sub>a</sub> >800 mm	OK, jos 1. 0,45< $\omega$ <0,60 ja e <sub>a</sub> >650 mm tai 2. 0,40< $\omega$ <0,60 ja e <sub>a</sub> >750 mm tai 3. 0,40< $\omega$ <0,75 ja e <sub>a</sub> >900 mm	Ei OK	Ei OK
480x480	OK, jos 1. 0,40< $\omega$ <0,65 tai 2. 0,40< $\omega$ <0,80 ja e <sub>a</sub> >100 mm tai 3. 0,10< $\omega$ <0,80 ja e <sub>a</sub> >200 mm tai 4. 0,10< $\omega$ <1,30 ja e <sub>a</sub> >350 mm	OK, jos 1. $\omega$ <0,55 tai 2. $\omega$ <0,70 ja e <sub>a</sub> >80 mm tai 3. $\omega$ <0,90 ja e <sub>a</sub> >120 mm tai 4. e <sub>a</sub> >340 mm	OK, jos 1. 0,15< $\omega$ <0,25 ja e <sub>a</sub> >150 mm tai 2. $\omega$ <0,40 ja e <sub>a</sub> >200 mm tai 3. $\omega$ <0,55 ja e <sub>a</sub> >250 mm tai 4. $\omega$ <0,70 ja e <sub>a</sub> >450 mm tai 5. $\omega$ <0,90 ja e <sub>a</sub> >600 mm	OK, jos 1. 0,20< $\omega$ <0,35 ja e <sub>a</sub> >550 mm tai 2. $\omega$ <0,40 ja e <sub>a</sub> >600 mm tai 3. $\omega$ <0,55 ja e <sub>a</sub> >800 mm	Ei OK
580x580	OK	OK	OK, jos 1. $\omega$ <0,40 tai 2. T<25 mm tai 3. $\omega$ <0,66 ja e <sub>a</sub> >100 mm tai 4. e <sub>a</sub> >240 mm	OK, jos 1. 0,08< $\omega$ <0,30 ja e <sub>a</sub> >250 mm tai 2. $\omega$ <0,30 ja e <sub>a</sub> >300 mm tai 3. $\omega$ <0,40 ja e <sub>a</sub> >400 mm tai 4. $\omega$ <0,66 ja e <sub>a</sub> >600 mm	Ei OK
680x680	OK	OK	OK, jos 1. 0,15< $\omega$ <0,30 ja e <sub>a</sub> >150 mm tai 2. 0,10< $\omega$ <0,50 ja e <sub>a</sub> >200 mm tai 3. $\omega$ <0,50 ja e <sub>a</sub> >250 mm tai 4. $\omega$ <0,65 ja e <sub>a</sub> >300 mm tai 5. $\omega$ <0,80 ja e <sub>a</sub> >400 mm	OK, jos 1. 0,05< $\omega$ <0,15 ja e <sub>a</sub> >400 mm tai 2. $\omega$ <0,20 ja e <sub>a</sub> >500 mm tai 3. $\omega$ <0,25 ja e <sub>a</sub> >800 mm	Ei OK
480x580	OK, jos 1. 0,10< $\omega$ <0,80 tai 2. 12<T<32 tai 3. $\omega$ <1,10 ja e <sub>a</sub> >140 mm tai 4. e <sub>a</sub> >260 mm	OK, jos 1. 0,15< $\omega$ <0,25 ja e <sub>a</sub> >120 mm tai 2. 0,10< $\omega$ <0,45 ja e <sub>a</sub> >180 mm tai 3. $\omega$ <0,45 ja e <sub>a</sub> >220 mm tai 4. $\omega$ <0,85 ja e <sub>a</sub> >260 mm	OK, jos 1. 0,05< $\omega$ <0,15 ja e <sub>a</sub> >400 mm tai 2. $\omega$ <0,20 ja e <sub>a</sub> >450 mm tai 3. $\omega$ <0,25 ja e <sub>a</sub> >500 mm tai 4. $\omega$ <0,30 ja e <sub>a</sub> >700 mm tai 5. $\omega$ <0,45 ja e <sub>a</sub> >850 mm	Ei OK	Ei OK
480x680	OK	OK	OK, jos 1. 0,10< $\omega$ <0,25 ja e <sub>a</sub> >120 mm tai 2. 0,10< $\omega$ <0,45 ja e <sub>a</sub> >180 mm tai 3. $\omega$ <0,45 ja e <sub>a</sub> >220 mm tai 4. $\omega$ <0,85 ja e <sub>a</sub> >260 mm	Ei OK	Ei OK

### 3 Mitoitus diagrammeilla

#### 3.1 Diagrammien käyttö

Kaikki tässä suunnitteluohjeessa esitettävät diagrammit ovat muodoltaan yhteisvaikutusdiagrammeja, joissa on otettu huomioon SFS EN 1992-1-1:n mukainen nimelliseen kaarevuuteen perustuva toisen kertaluvun momentti. Näin ollen diagrammeihin syötetään vain ensimmäisen kertaluvun rasitukset. Diagrammeissa pystyakselilla on palotilanteen suhteellinen normaalivoima  $v$  ja vaaka-akselilla palotilanteen suhteellinen momentti  $\mu$ , jotka määritellään tässä

$$\text{suhteellinen normaalivoima } v = \frac{N_{Ed,fi}}{bh f_{cd}} \text{ ja}$$

$$\text{suhteellinen momentti } \mu = \frac{M_{0Ed,fi}}{bh^2 f_{cd}}$$

missä  $N_{Ed,fi}$  on palotilanteessa vaikuttava normaalivoima  
 $M_{0Ed,fi}$  on palotilanteessa vaikuttava ensimmäisen kertaluvun momentti  
 $b$  on poikkileikkauksen leveys  
 $h$  on poikkileikkauksen korkeus  
 $f_{cd}$  on betonin laskentalujuus normaalilämpötilassa

Palotilanteen kuormitukset  $N_{Ed,fi}$  ja  $M_{0Ed,fi}$  lasketaan käyttämällä eurokoodin mukaisia kuormitusyhdistelmiä:

Kuormitusyhdistelmä 1a:  $G_{oma\ paino} + 0,5 Q_{lumi}$  ( $q_k \geq 2,75 \text{ kN/m}^2$ ) tai  
 Kuormitusyhdistelmä 1b:  $G_{oma\ paino} + 0,4 Q_{lumi}$  ( $q_k < 2,75 \text{ kN/m}^2$ )  
 Kuormitusyhdistelmä 2:  $G_{oma\ paino} + 0,2 Q_{lumi} + 0,2 Q_{tuuli}$   
 Kuormitusyhdistelmä 3:  $G_{oma\ paino} + 0,2 Q_{tuuli}$

Kuormitusyhdistelmästä 1 valitaan joko a- tai b-kohta maassa olevan lumikuorman ominaisarvon  $q_k$  mukaan.

Eurokoodin mukainen betonin laskentalujuus saadaan kaavasta

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$$

missä  $\alpha_{cc}$  = 0,85 kansallisen liitteen mukaisesti  
 $f_{ck}$  on eurokoodin mukainen betonin lieriölujuus  
 $\gamma_c$  = 1,35 rakenneluokassa 1 kansallisen liitteen mukaisesti

Suhteellisten rasiusten käytön takia betonin lujuus ja pääraudoituksen määrä voidaan ottaa huomioon mekaanisella raudoitussuhteella  $\omega$ , joka lasketaan kaavasta

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{bh f_{cd}},$$

missä  $A_s$  on koko poikkileikkauksessa oleva pääraudoituksen kokonaispinta-ala  
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$   
 $\gamma_s = 1,1$  rakenneluokassa 1 kansallisen liitteen mukaisesti

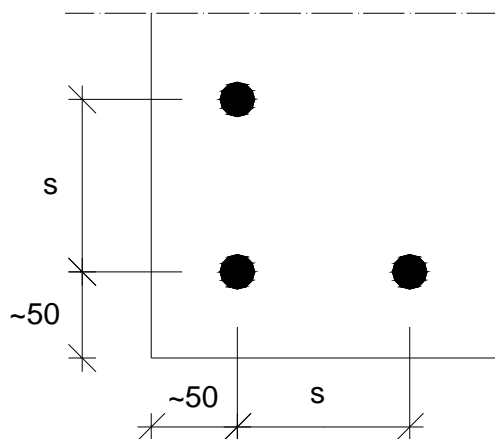
Lisäksi taulukoissa käytetään suuretta hoikkuus  $\lambda$ , joka määritellään

$$\lambda = \frac{l_0}{i},$$

missä  $l_0$  on SFS EN 1992-1-1:n mukainen pilarin nurjahduspituus  
 $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$   
 $I = \frac{bh^3}{12}$   
 $A$  on poikkileikkauksen pinta-ala

Diagrammit soveltuvat käytettäväksi seuraavanlaisille tapauksille:

- Palonkestoajat R 60, R 90 ja R 120
- Poikkileikkaukset  $380 \times 380$ ,  $480 \times 480$ ,  $580 \times 580$ ,  $680 \times 680$ ,  $480 \times 580$  ja  $480 \times 680 \text{ mm}^2$  (Poikkileikkauksissa  $480 \times 580$  ja  $480 \times 680 \text{ mm}^2$  taivutus tapahtuu jäykempään suuntaan).
- Pilarin hoikkuus  $\lambda$  on väliltä 60-140
- Mekaaninen raudoitussuhde  $\omega$  on väliltä 0,1-0,7
- Eurokoodin mukainen betonin lujuusluokka on korkeintaan C50/60
- Raudoituksen keskiöetäisyys on noin 50 mm
- Kun raudoitusta on muuallakin kuin poikkileikkauksen nurkissa saa mitta  $s$  olla korkeintaan 50 mm poikkileikkauksilla  $380 \times 380$  ja  $480 \times 480 \text{ mm}^2$  ja korkeintaan 150 mm muilla poikkileikkauksilla (kuva 2)



**Kuva 2 Tankojen sijoittelu poikkileikkauksessa**

Diagrammin otsikkotiedoissa on pilarin poikkileikkaus, palonkesto-aika ja hoikkuusalue, jolla diagrammia voi käyttää. Käyrissä muuttujina ovat pilarin hoikkuus ( $\lambda = 60, 80, 100$  tai  $\lambda = 100, 120$  ja  $140$ ) sekä mekaaninen raudoitussuhde ( $\omega = 0,1; 0,3; 0,5$  ja  $0,7$ ). Saman väriset käyrät kuvaavat samaa hoikkuutta ja paksumpi viivanpaksuus kuvaa suurempaa mekaanista raudoitussuhdetta. Lisäksi jokaisen käyrän päällä on sitä kuvaava teksti.

Palomitoitus diagrammien avulla

1. Valitaan pilarin poikkileikkausta, haluttua palonkesto-aikaa ja hoikkuutta vastaava diagrammi
2. Sijoitetaan palotilanteen eri kuormitustapauksia vastaavat suhteelliset rasitukset diagrammiin
3. Valitaan pilarin hoikkuuden (tai hoikemman) ja mekaanisen raudoitussuhteen mukainen käyrä ja katsotaan ovatko rasituksia vastaavat pisteet yhteisvaikutusdiagrammin sisäpuolella. Jos ne eivät ole niin katsotaan mikä raudoitussuhde tarvitaan, että päästään haluttuun palonkesto-aikaan (mekaanisen raudoitussuhteen väliarvot voi interpoloida suoraviivaisesti).

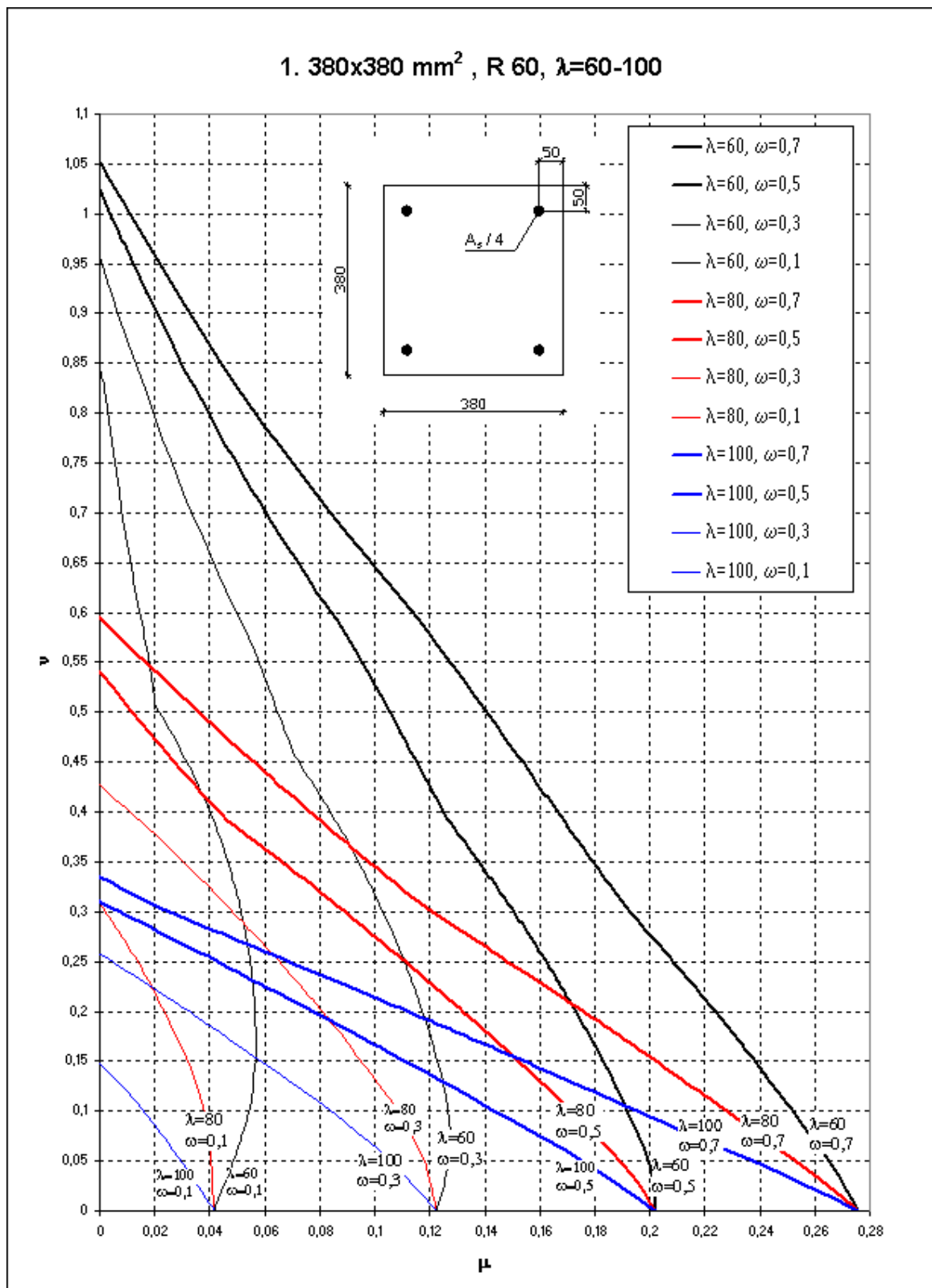
Tankojen keskiöetäisyyden tulisi olla likimain 50 mm, jotta palomitoitus voidaan tehdä diagrammeilla. Palonkestoajalla R 60 pieni (<5 mm) muutos keskiöetäisyydessä ei juuri vaikuta kapasiteettiin. Palonkestoajoilla R 90 ja R 120 keskiöetäisyyden ollessa todellisuudessa pienempi kuin 50 mm, ovat diagrammit epävarmalla puolella ja keskiöetäisyyden ollessa todellisuudessa välillä 50-55 mm, ovat diagrammit varmalla puolella. Mikäli pilarin poikkileikkaus on suurempi kuin  $680 \times 680 \text{ mm}^2$  voidaan käyttää poikkileikkauksen  $680 \times 680 \text{ mm}^2$  diagrammeja, joilla saadaan varmalla puolella oleva tulos.

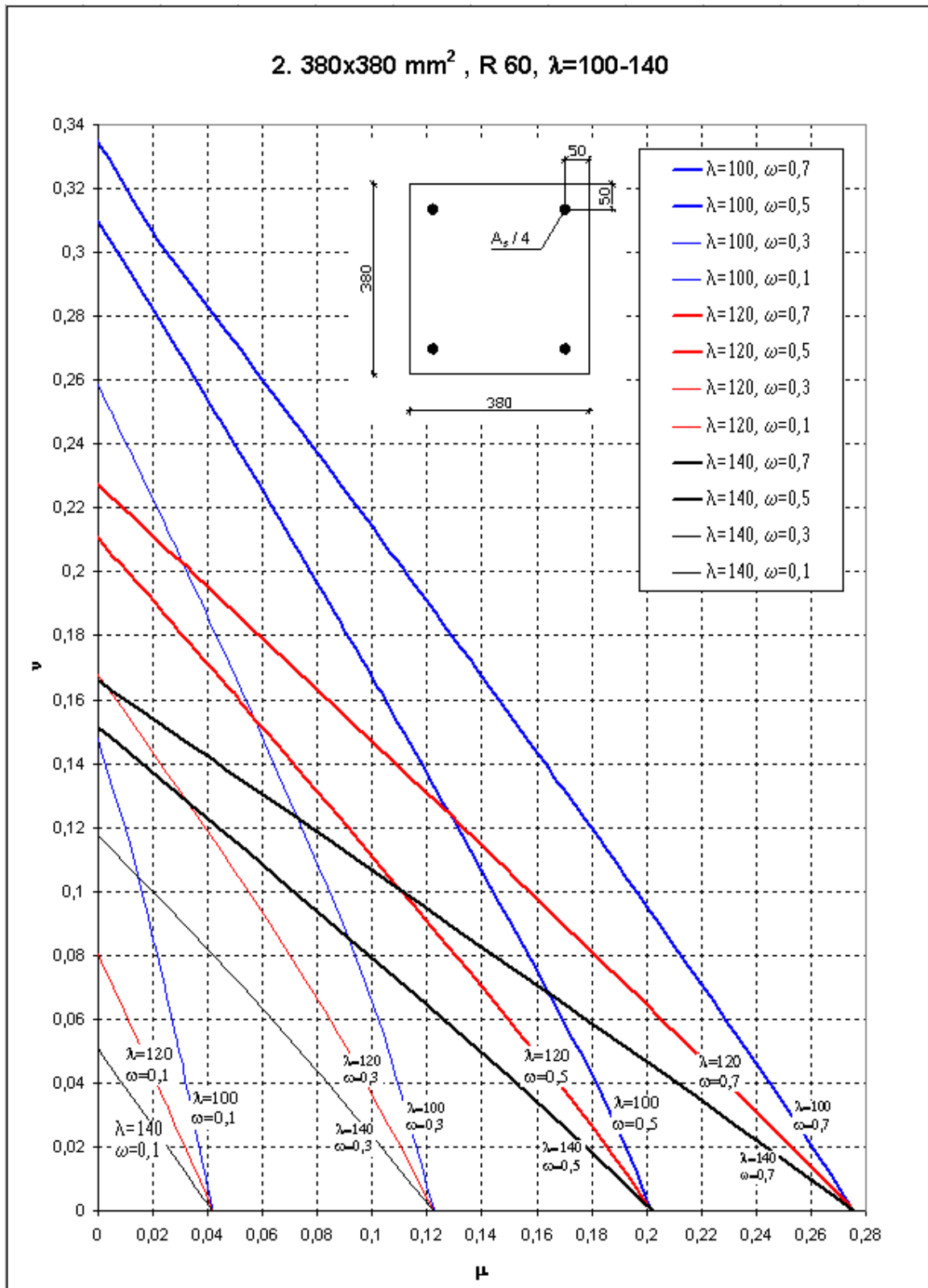
## 3.2 Diagrammit

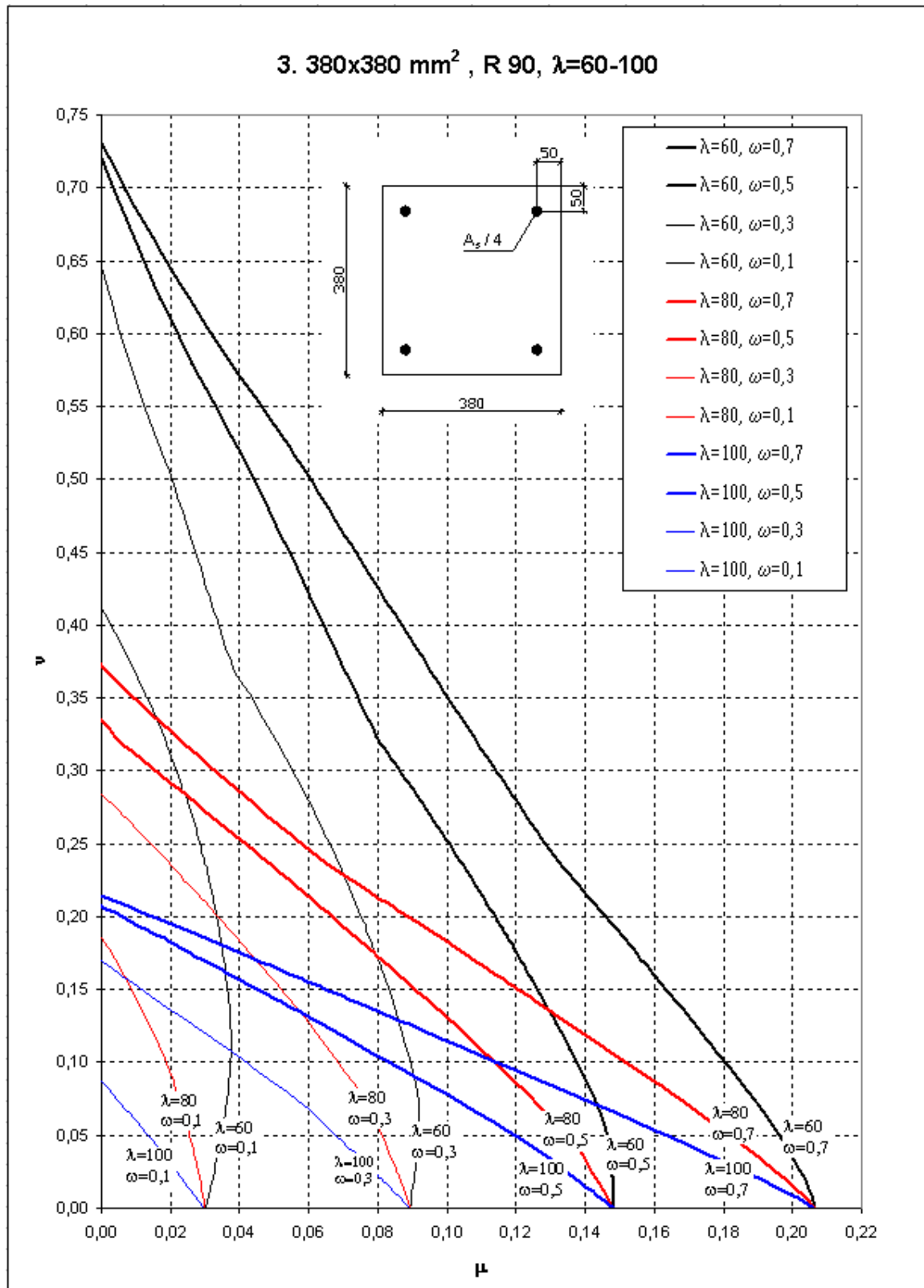
Taulukossa 4 on esitetty diagrammien numerointi.

**Taulukko 4 Diagrammien numerointi**

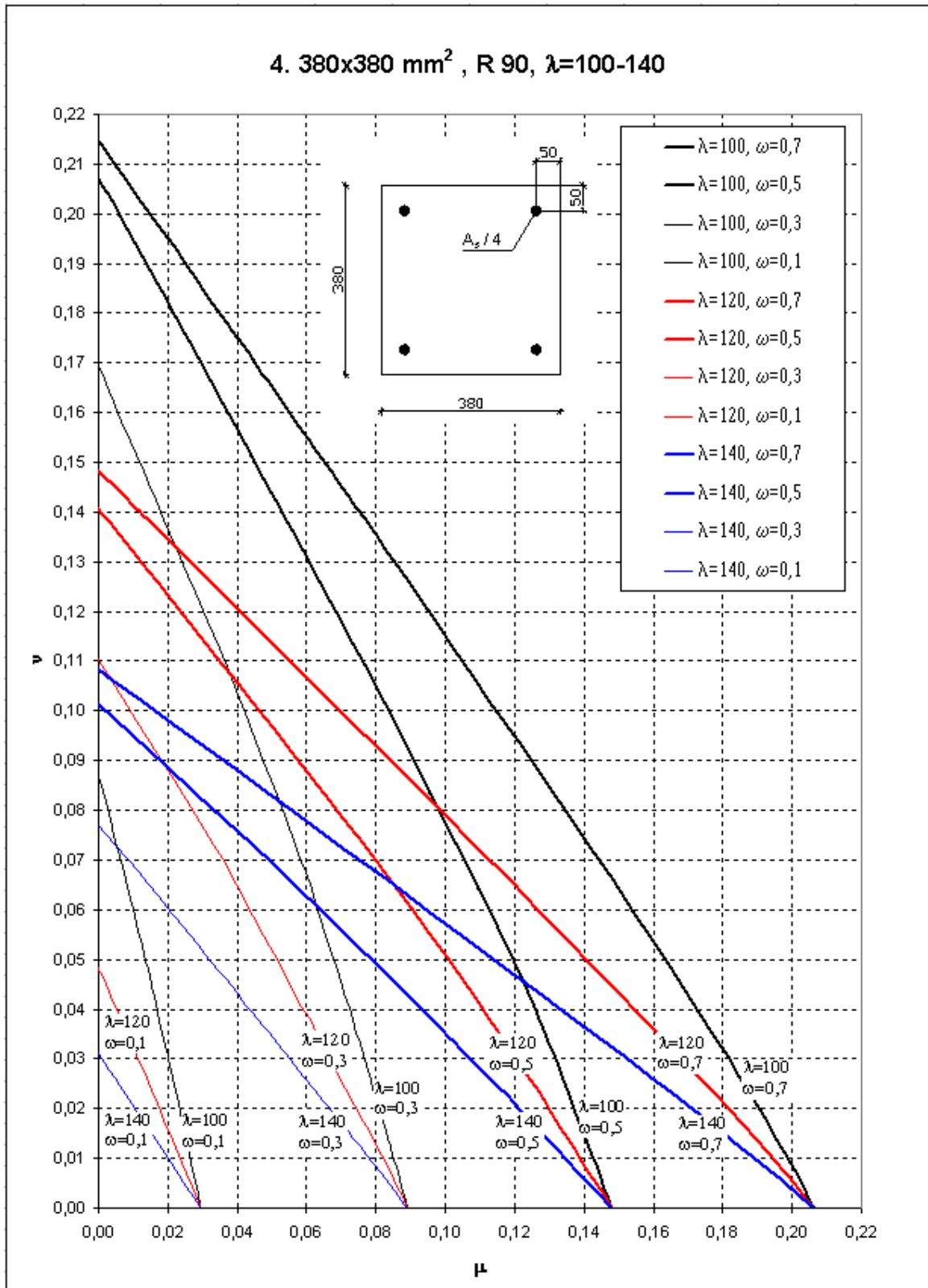
DIAGRAMMI	POIKKILEIKKAUS	PALOLUOKKA	$\lambda$
1	380x380 mm <sup>2</sup>	R 60	60-100
2	380x380 mm <sup>2</sup>	R 60	100-140
3	380x380 mm <sup>2</sup>	R 90	60-100
4	380x380 mm <sup>2</sup>	R 90	100-140
5	380x380 mm <sup>2</sup>	R 120	60-100
6	380x380 mm <sup>2</sup>	R 120	100-140
7	480x480 mm <sup>2</sup>	R 60	60-100
8	480x480 mm <sup>2</sup>	R 60	100-140
9	480x480 mm <sup>2</sup>	R 90	60-100
10	480x480 mm <sup>2</sup>	R 90	100-140
11	480x480 mm <sup>2</sup>	R 120	60-100
12	480x480 mm <sup>2</sup>	R 120	100-140
13	580x580 mm <sup>2</sup>	R 60	60-100
14	580x580 mm <sup>2</sup>	R 60	100-140
15	580x580 mm <sup>2</sup>	R 90	60-100
16	580x580 mm <sup>2</sup>	R 90	100-140
17	580x580 mm <sup>2</sup>	R 120	60-100
18	580x580 mm <sup>2</sup>	R 120	100-140
19	680x680 mm <sup>2</sup>	R 60	60-100
20	680x680 mm <sup>2</sup>	R 60	100-140
21	680x680 mm <sup>2</sup>	R 90	60-100
22	680x680 mm <sup>2</sup>	R 90	100-140
23	680x680 mm <sup>2</sup>	R 120	60-100
24	680x680 mm <sup>2</sup>	R 120	100-140
25	480x580 mm <sup>2</sup>	R 60	60-100
26	480x580 mm <sup>2</sup>	R 60	100-140
27	480x580 mm <sup>2</sup>	R 90	60-100
28	480x580 mm <sup>2</sup>	R 90	100-140
29	480x580 mm <sup>2</sup>	R 120	60-100
30	480x580 mm <sup>2</sup>	R 120	100-140
31	480x680 mm <sup>2</sup>	R 60	60-100
32	480x680 mm <sup>2</sup>	R 60	100-140
33	480x680 mm <sup>2</sup>	R 90	60-100
34	480x680 mm <sup>2</sup>	R 90	100-140
35	480x680 mm <sup>2</sup>	R 120	60-100
36	480x680 mm <sup>2</sup>	R 120	100-140

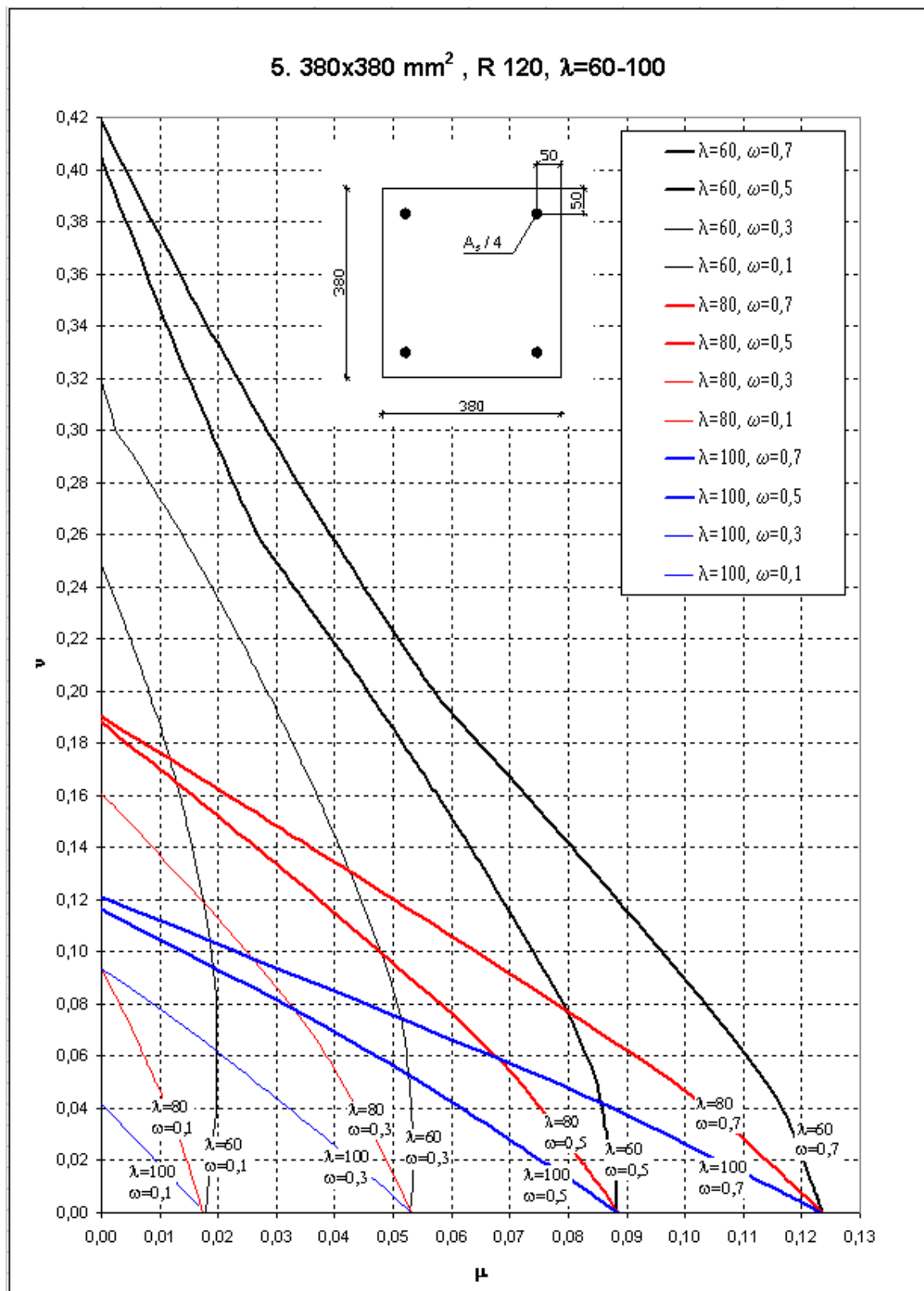


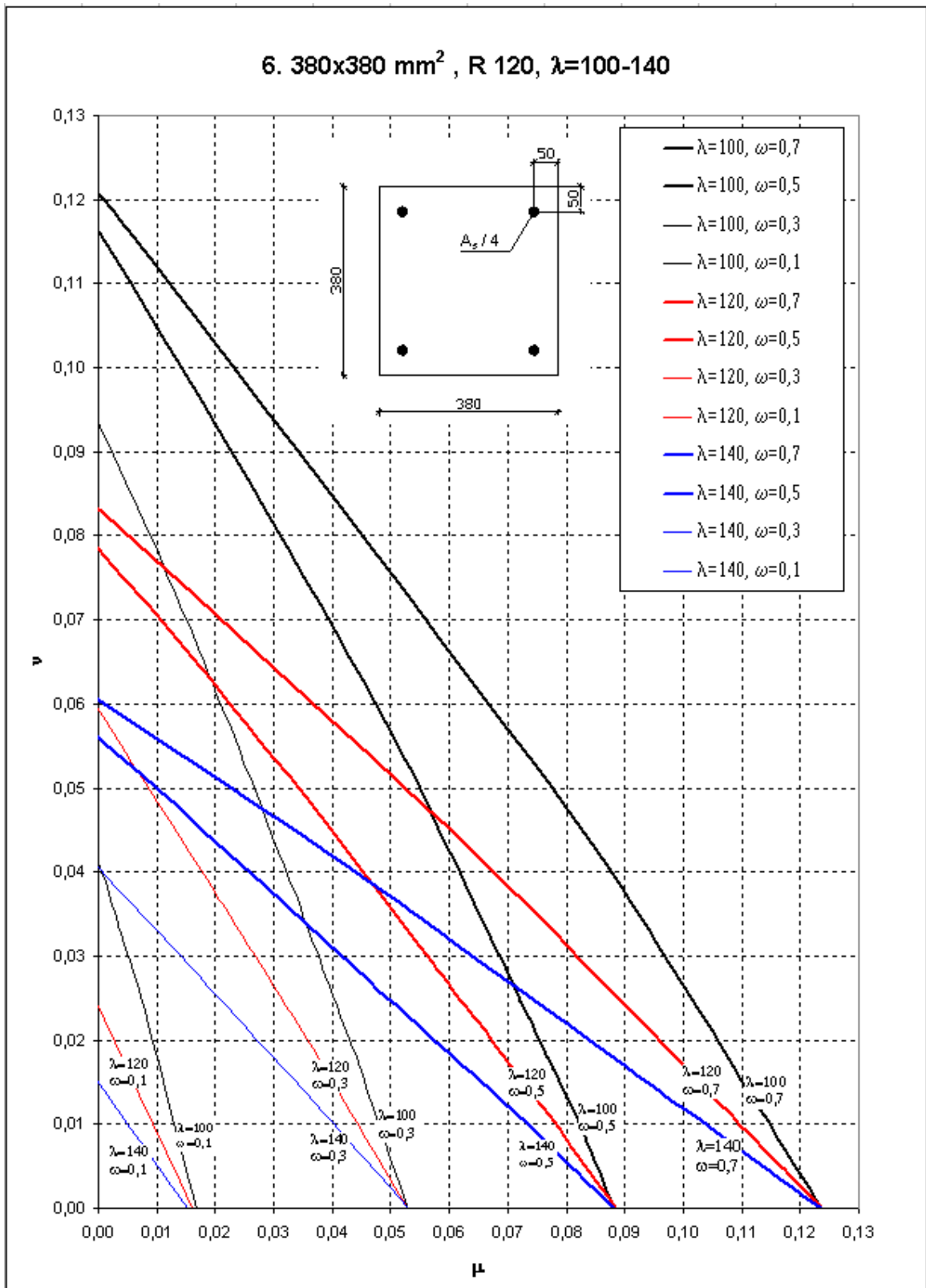


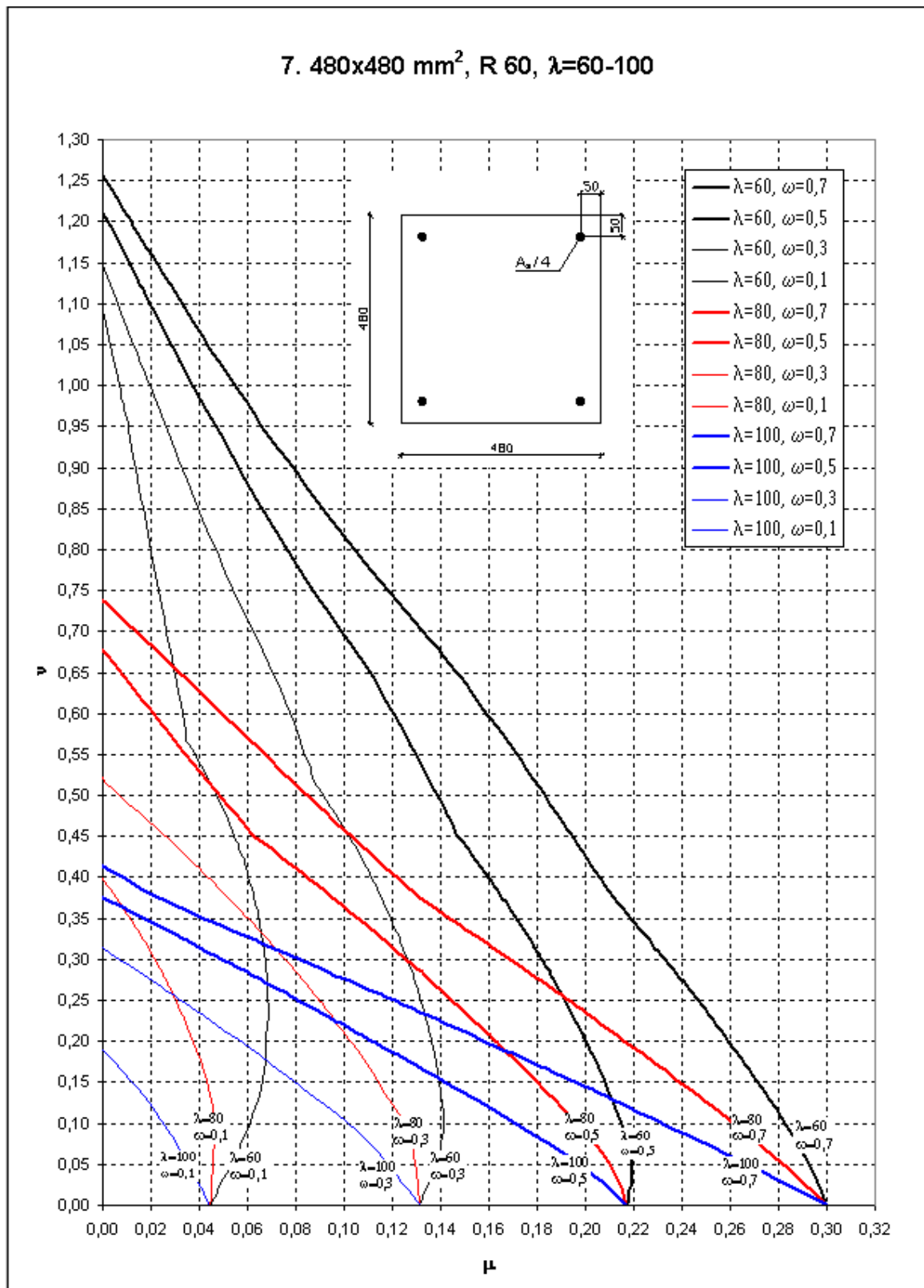


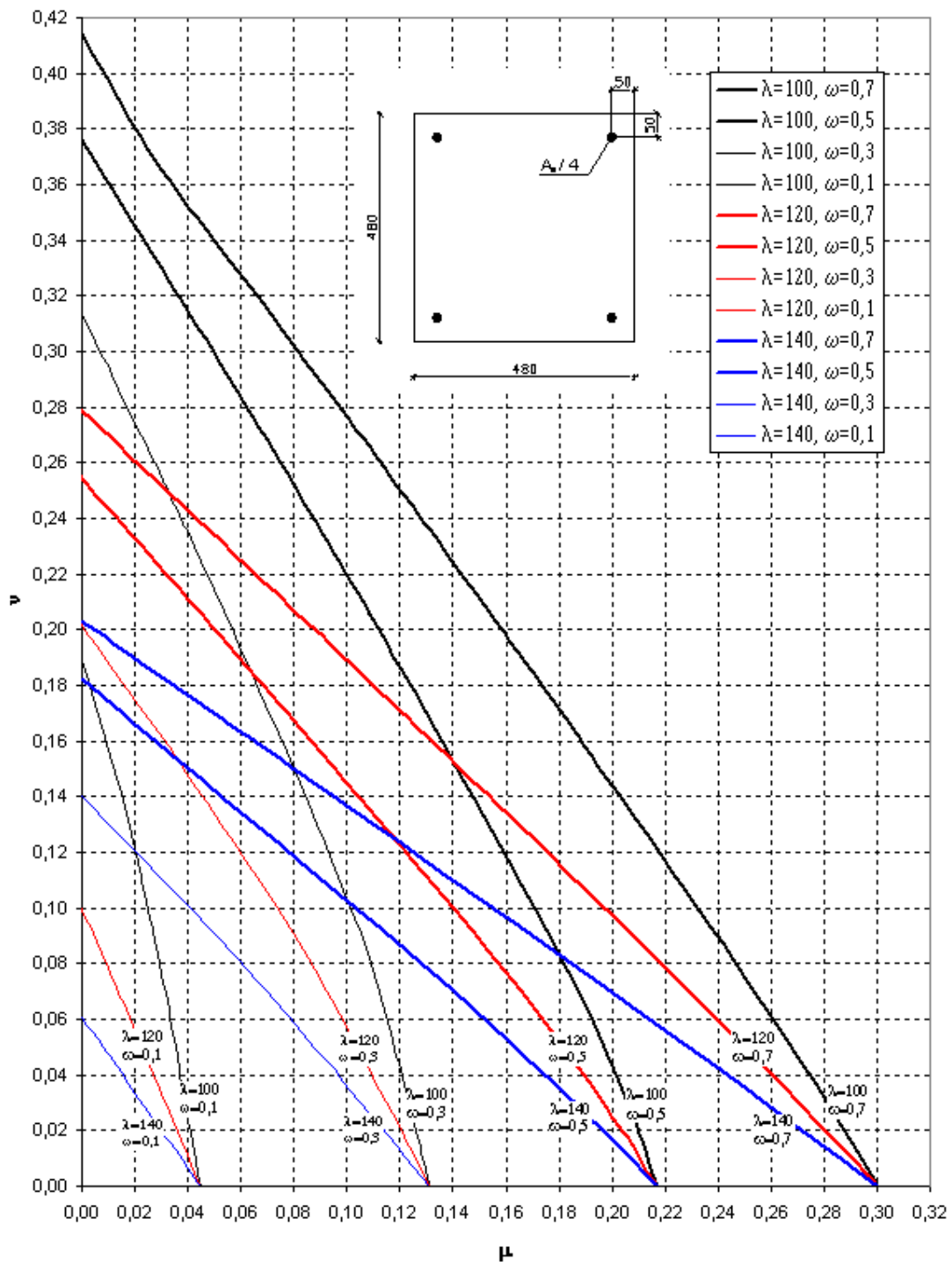


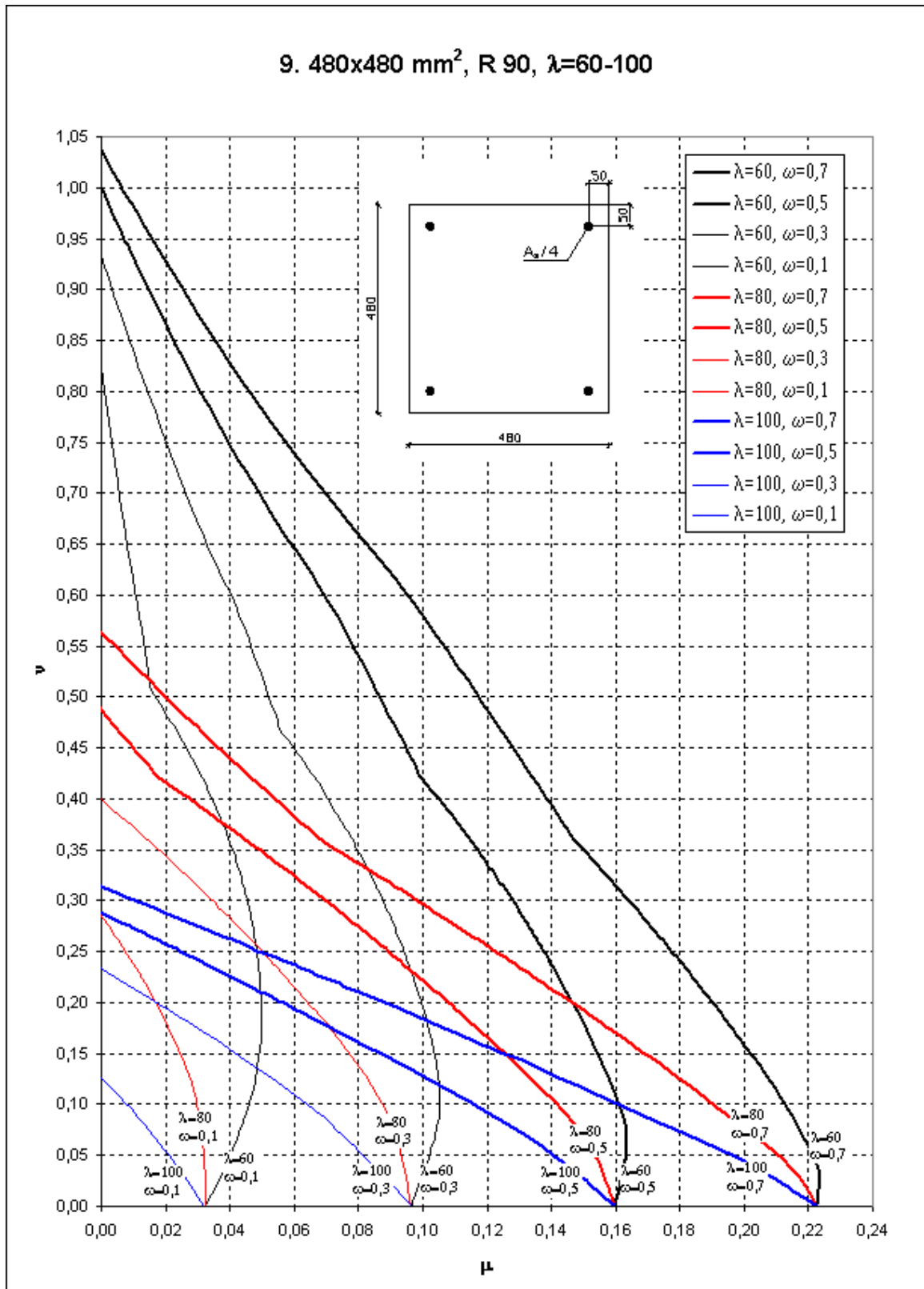


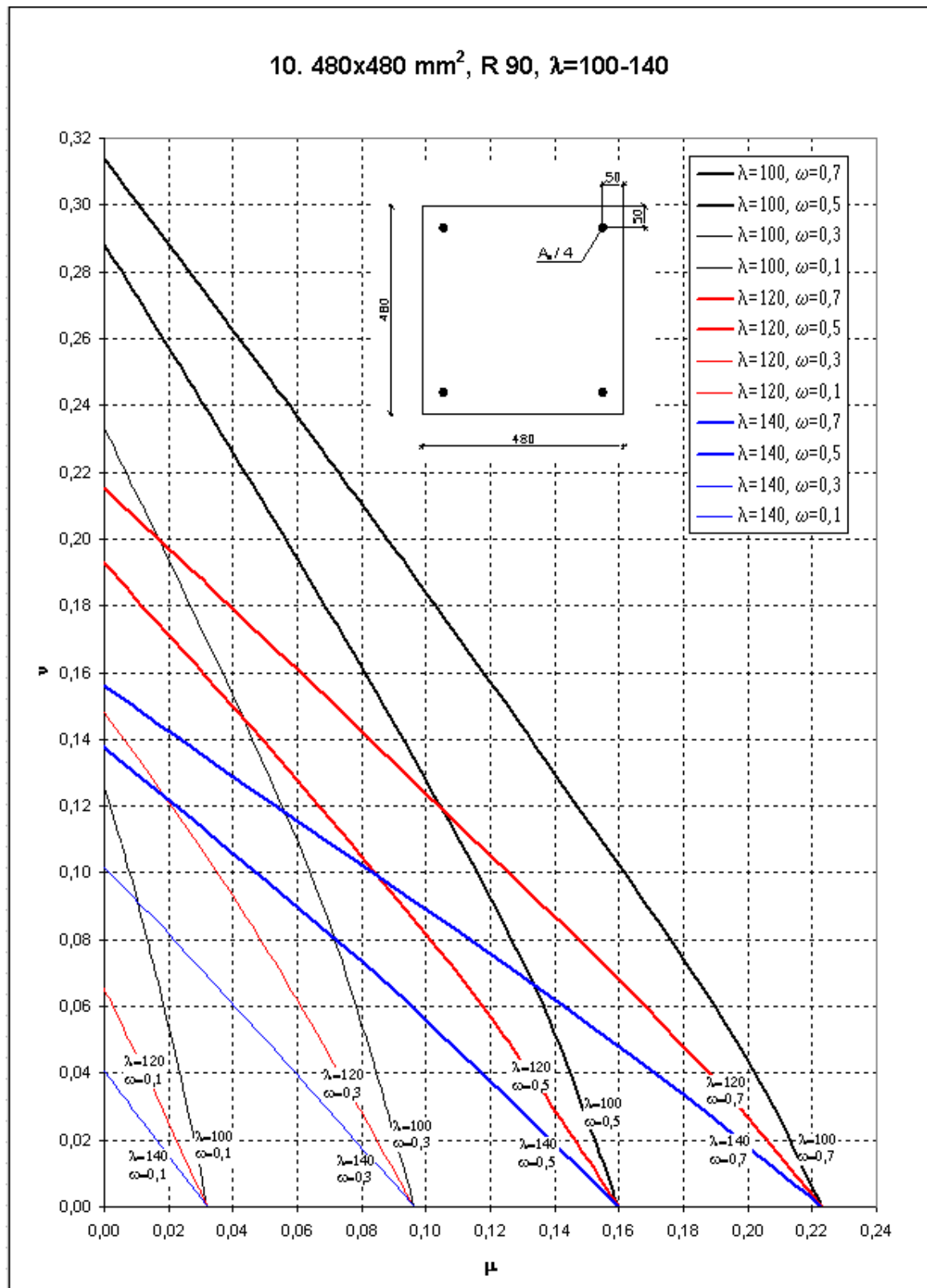


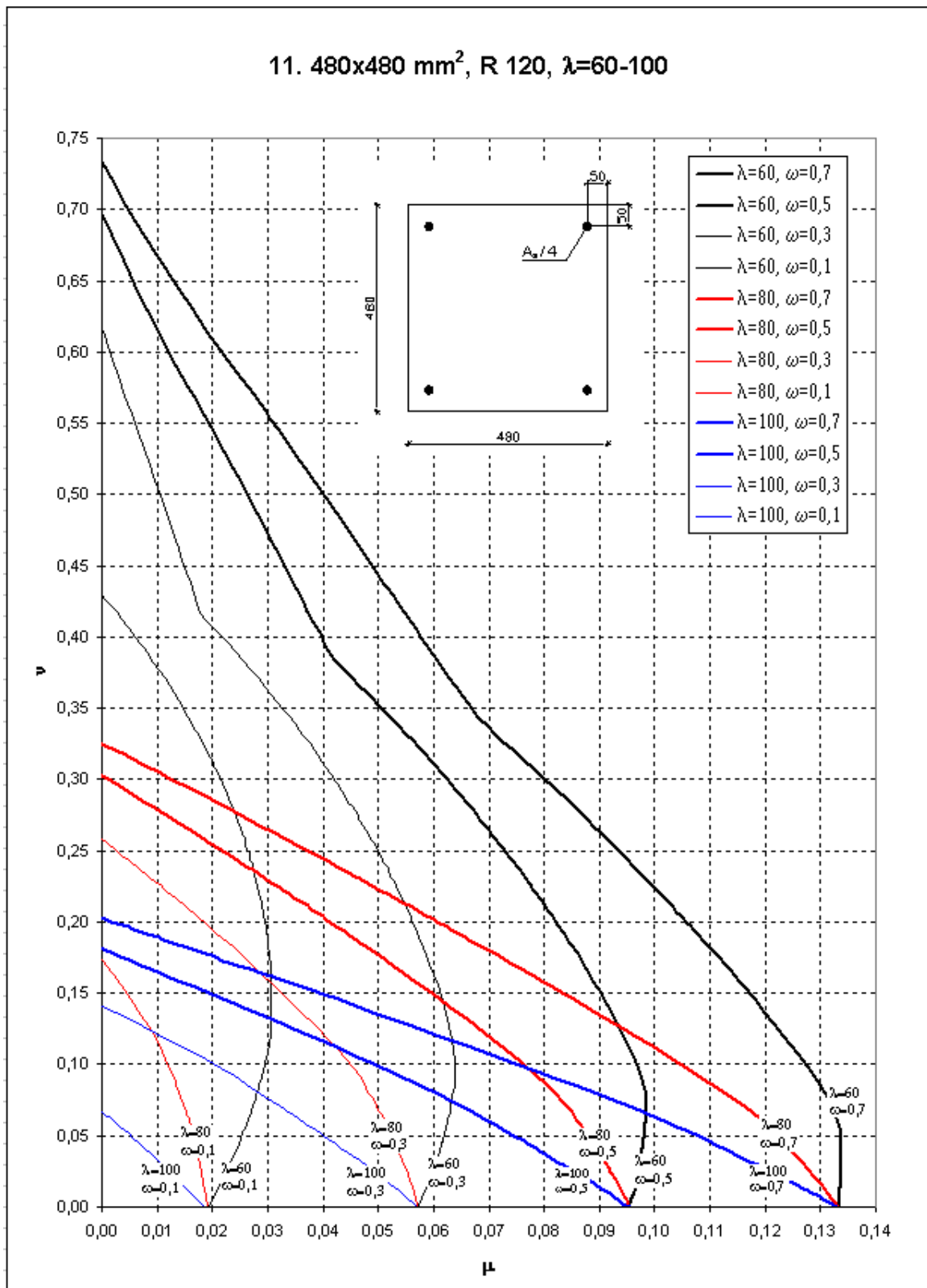




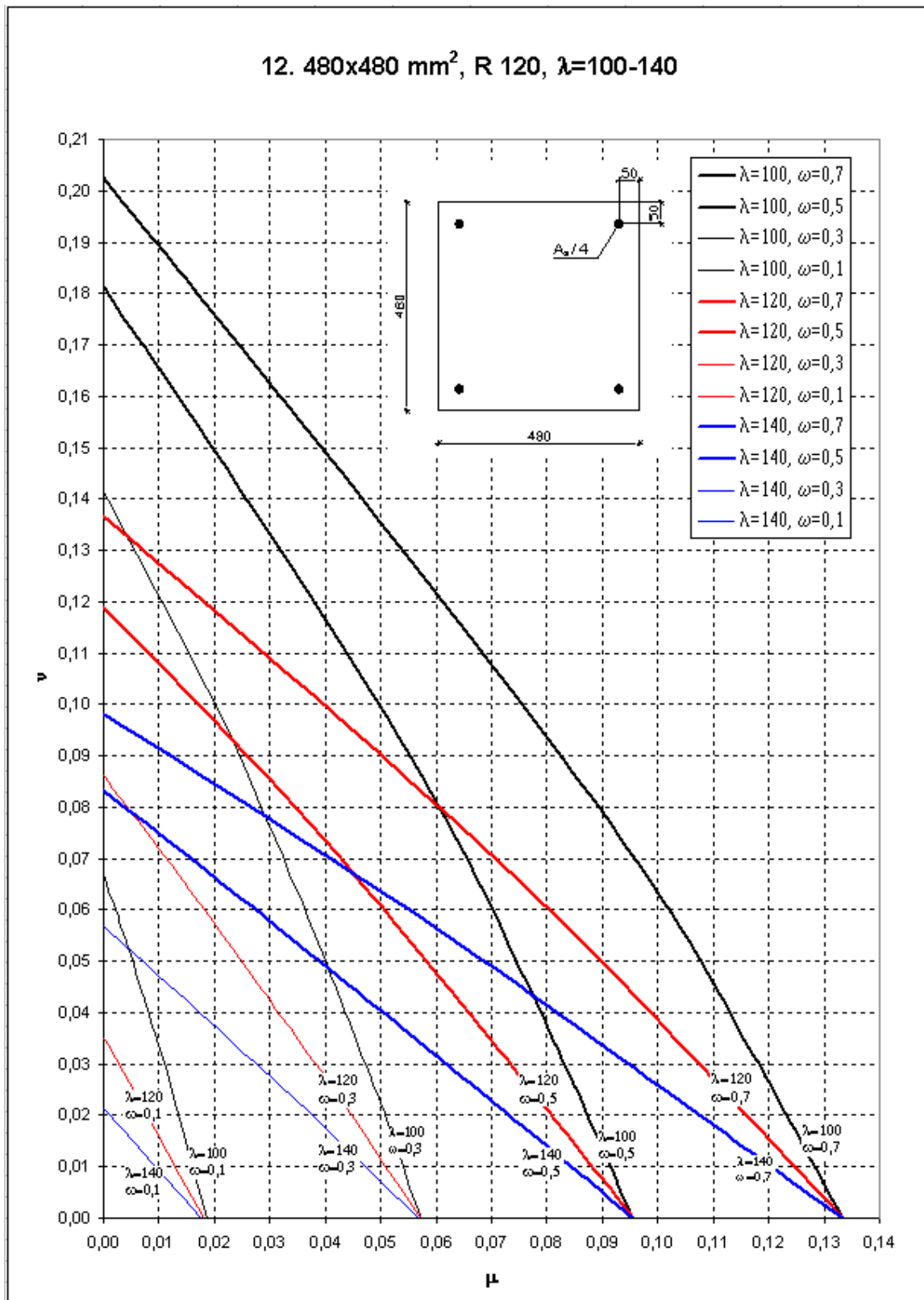
8. 480x480 mm<sup>2</sup>, R 60,  $\lambda=100-140$ 

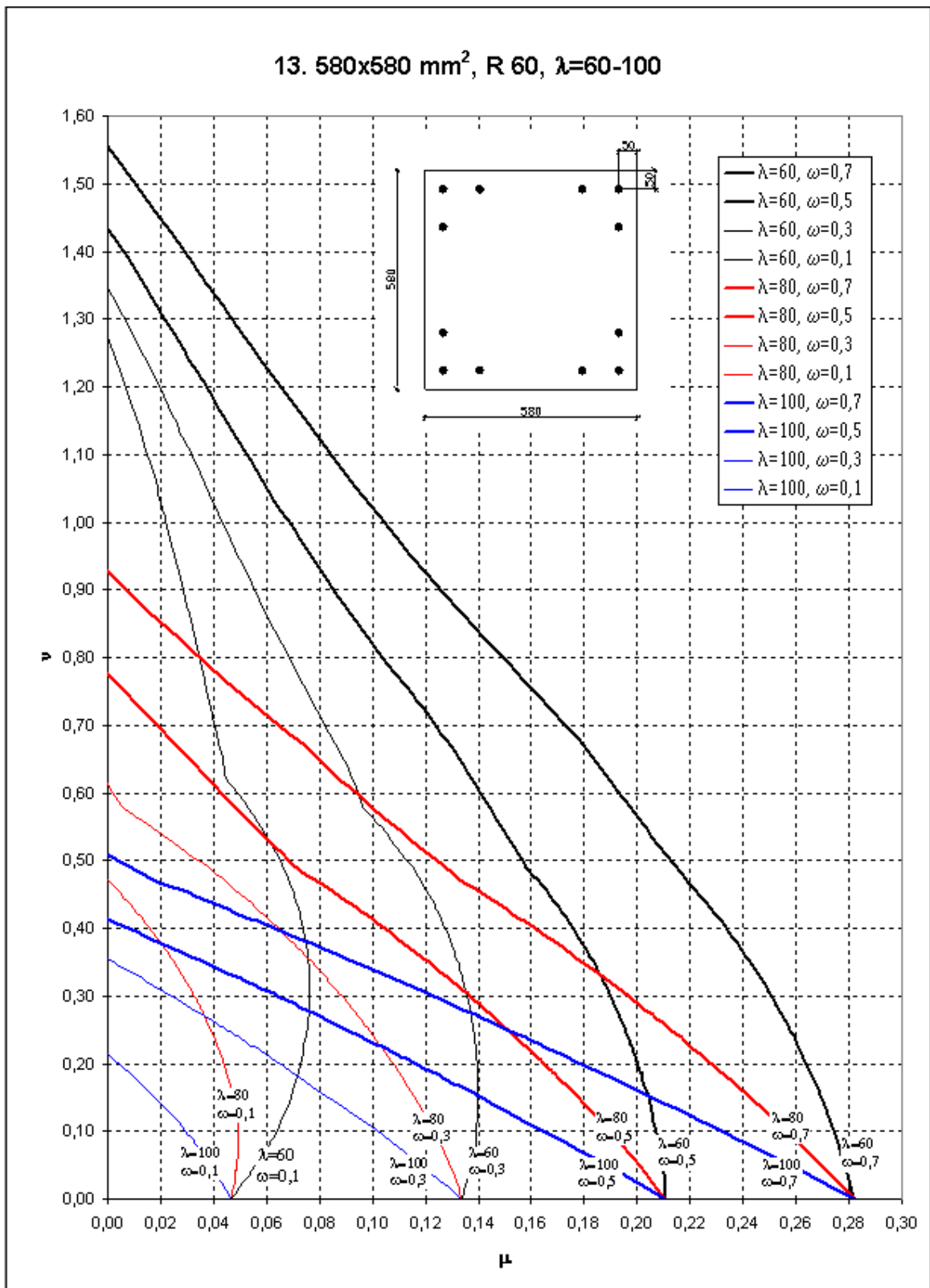


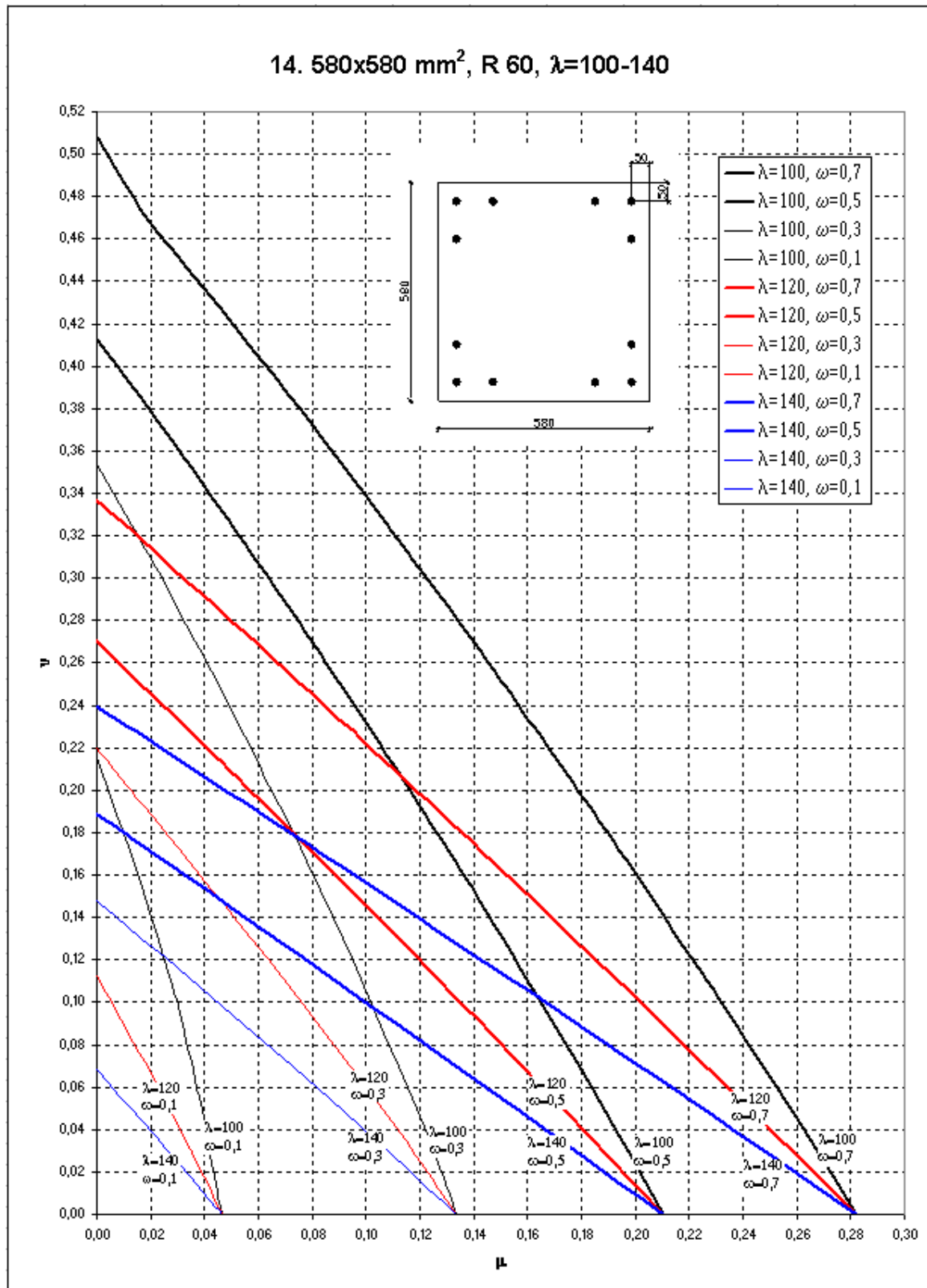


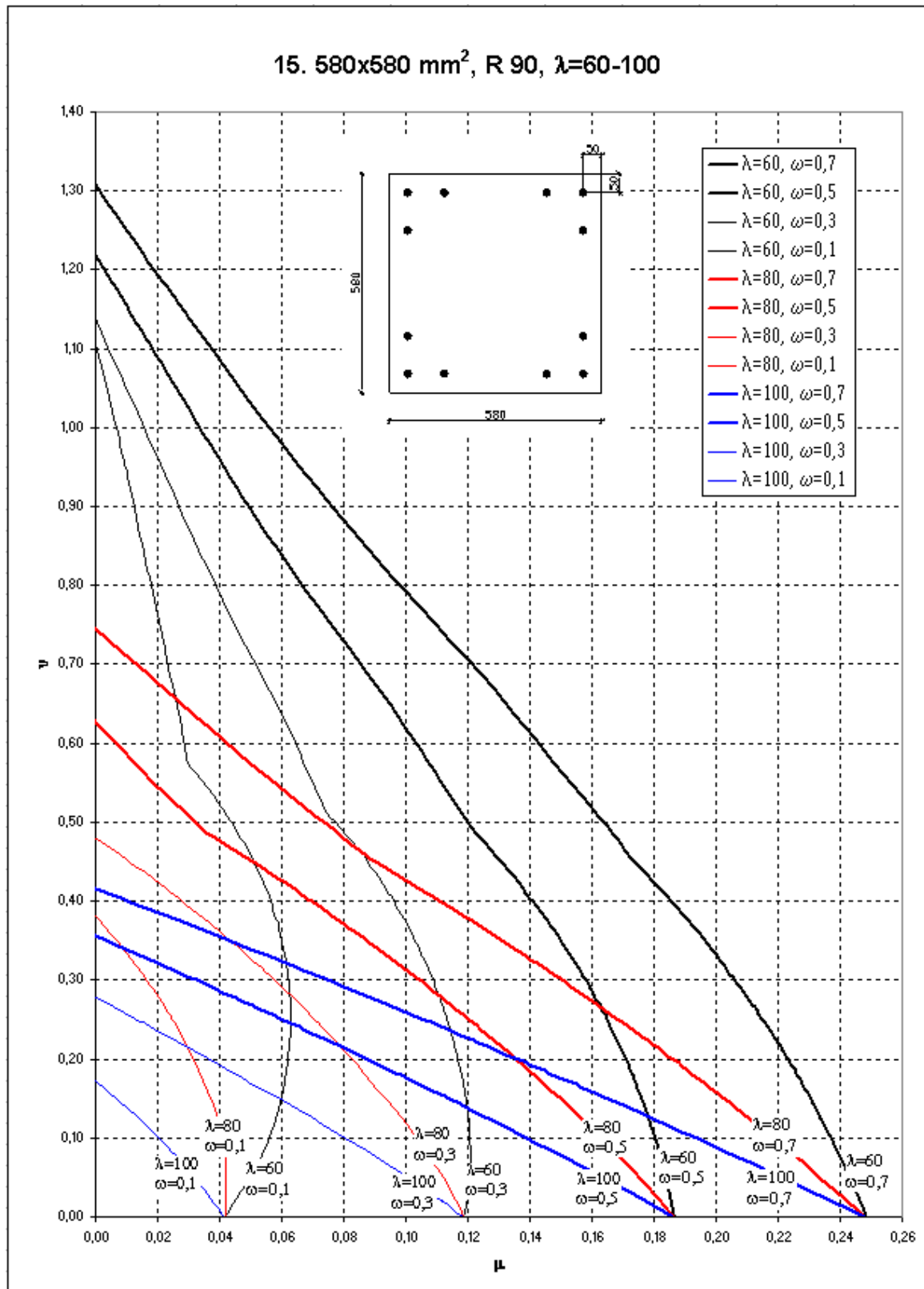


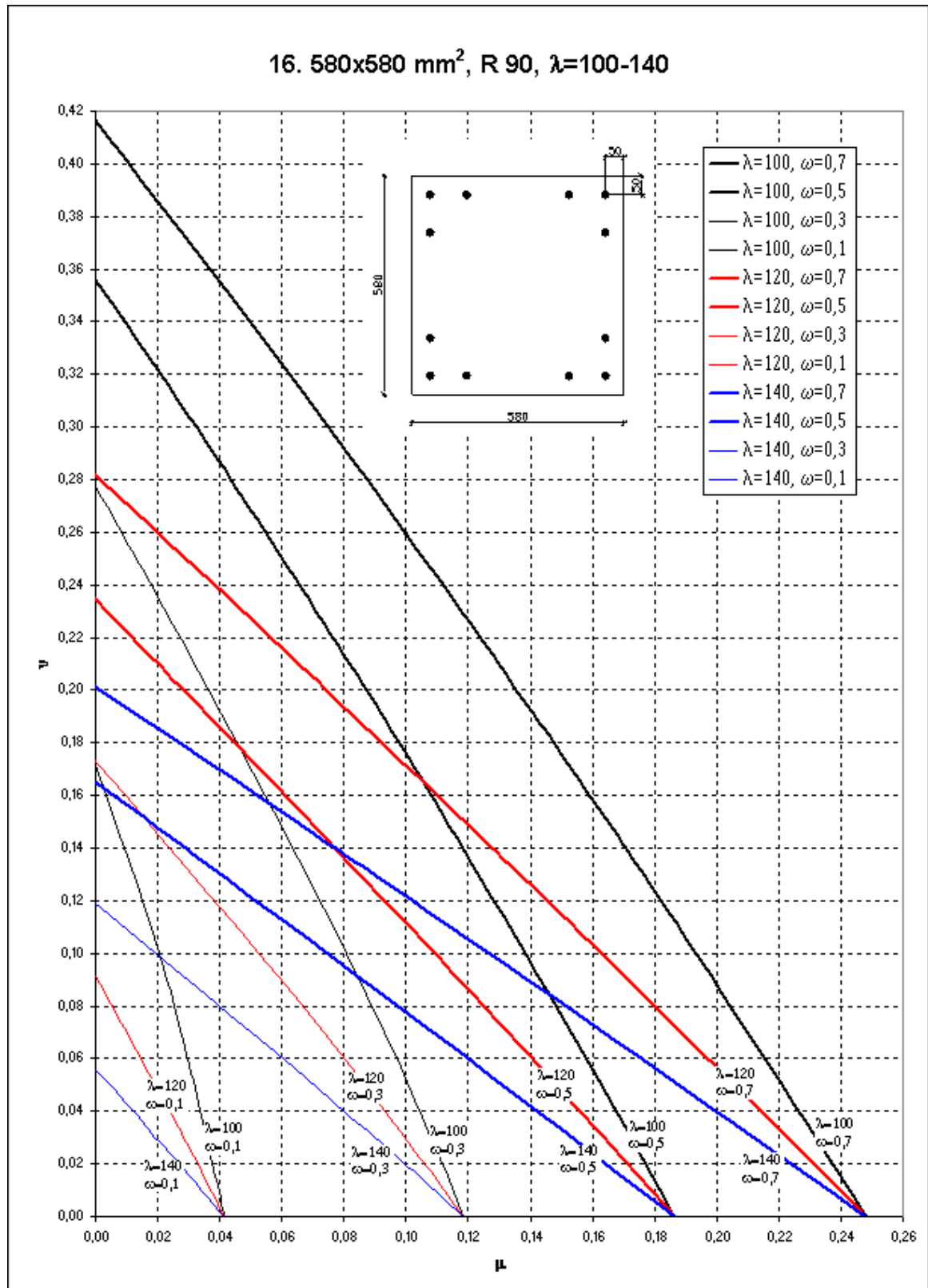


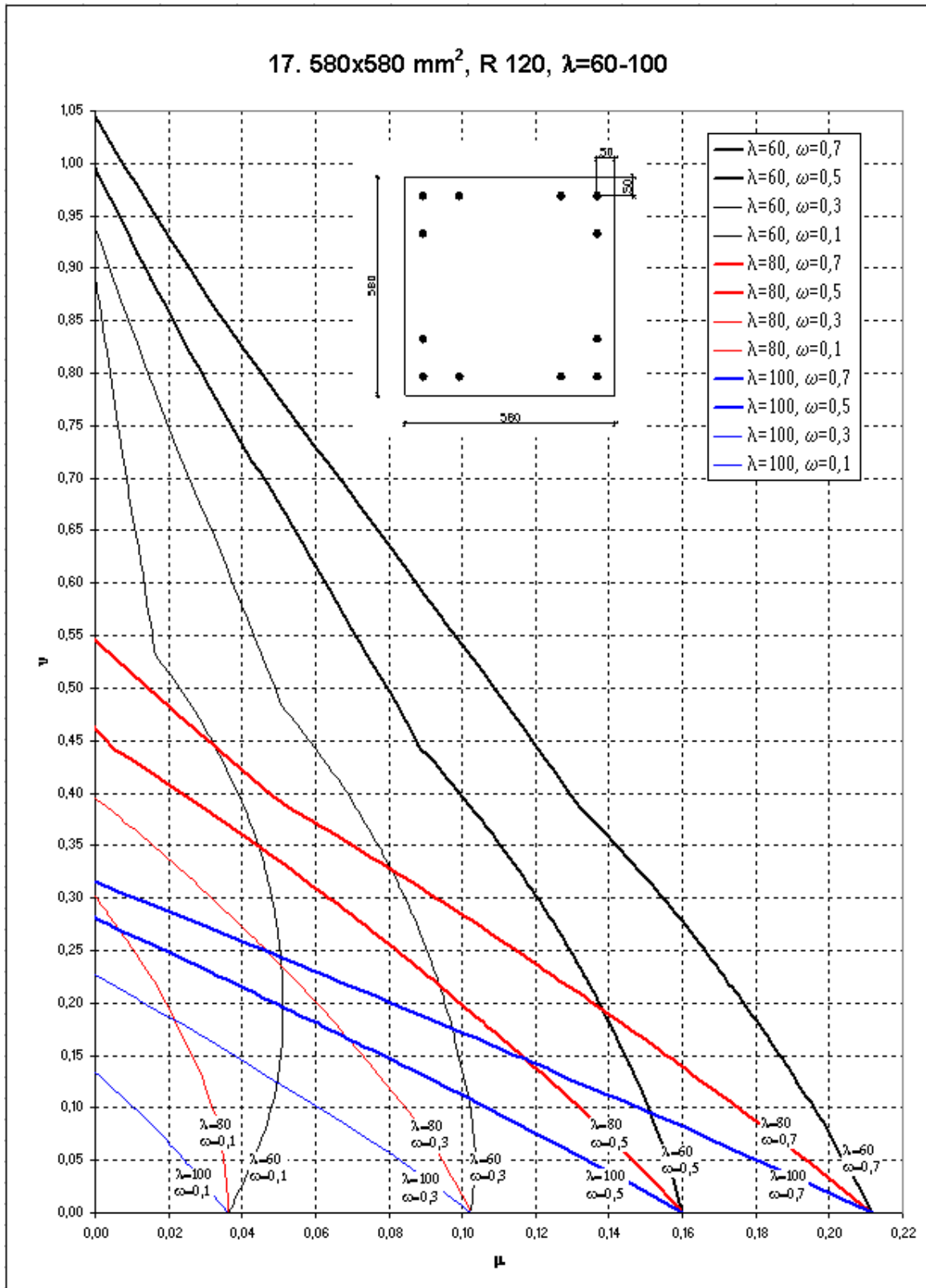


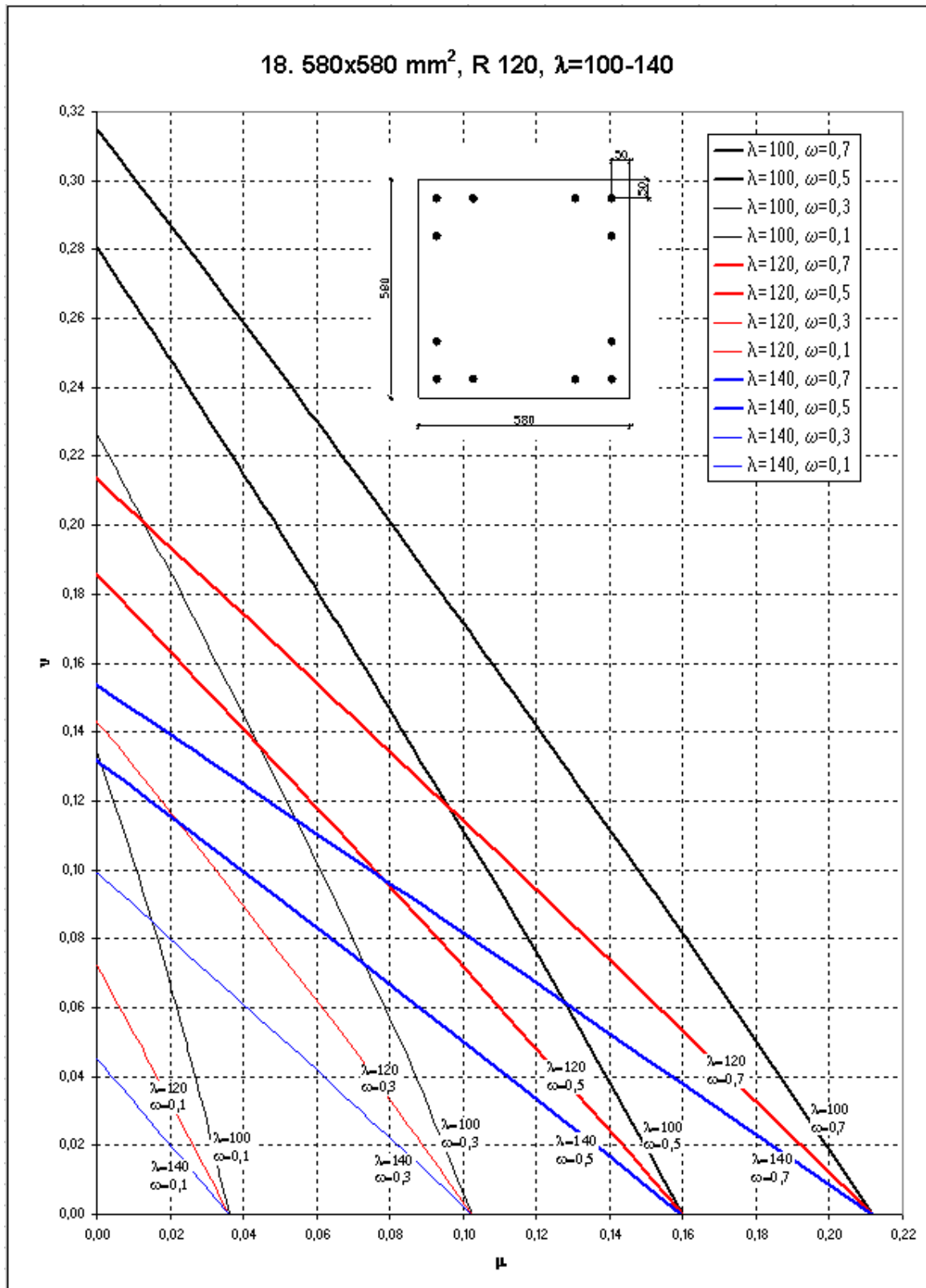


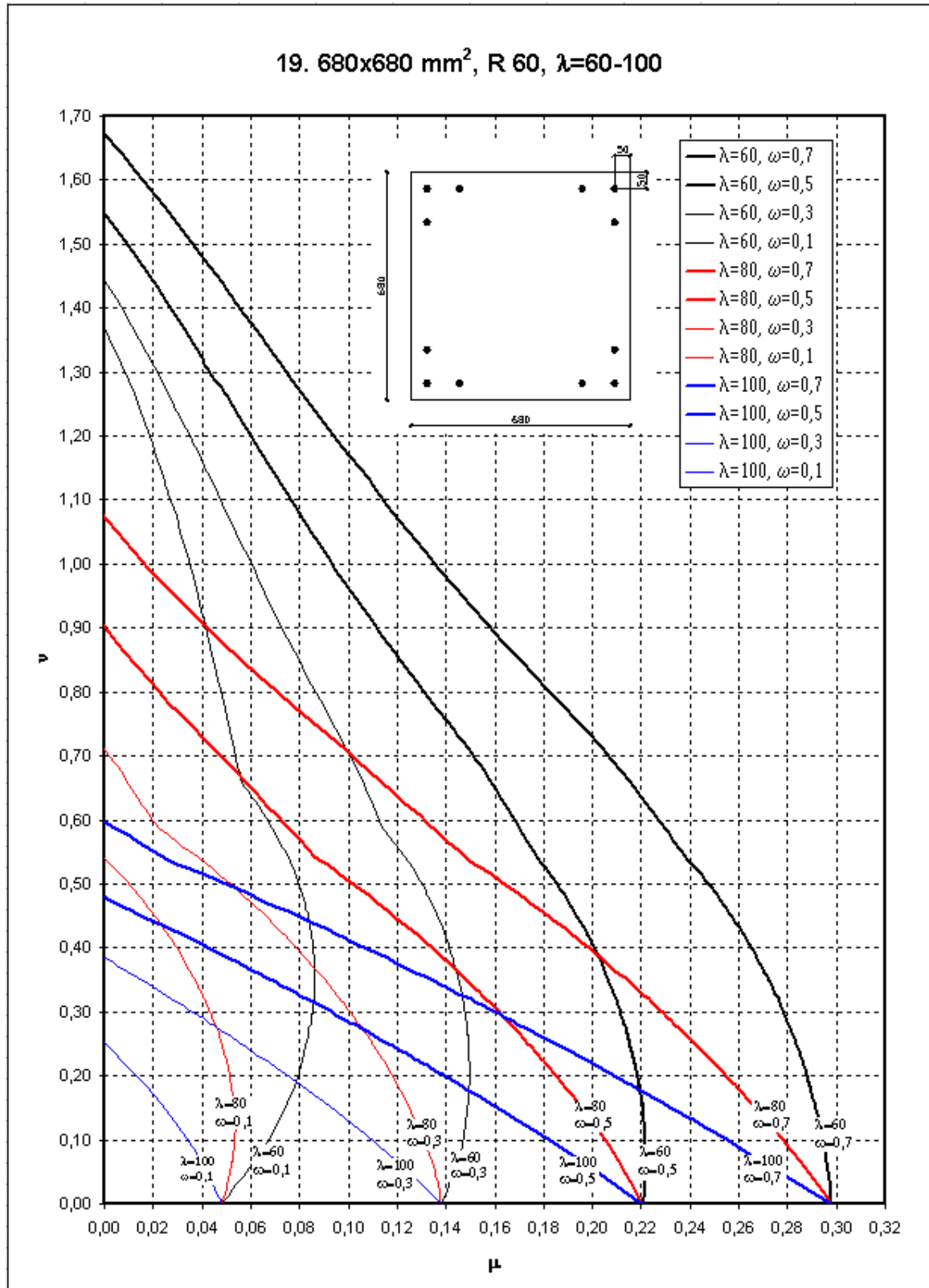




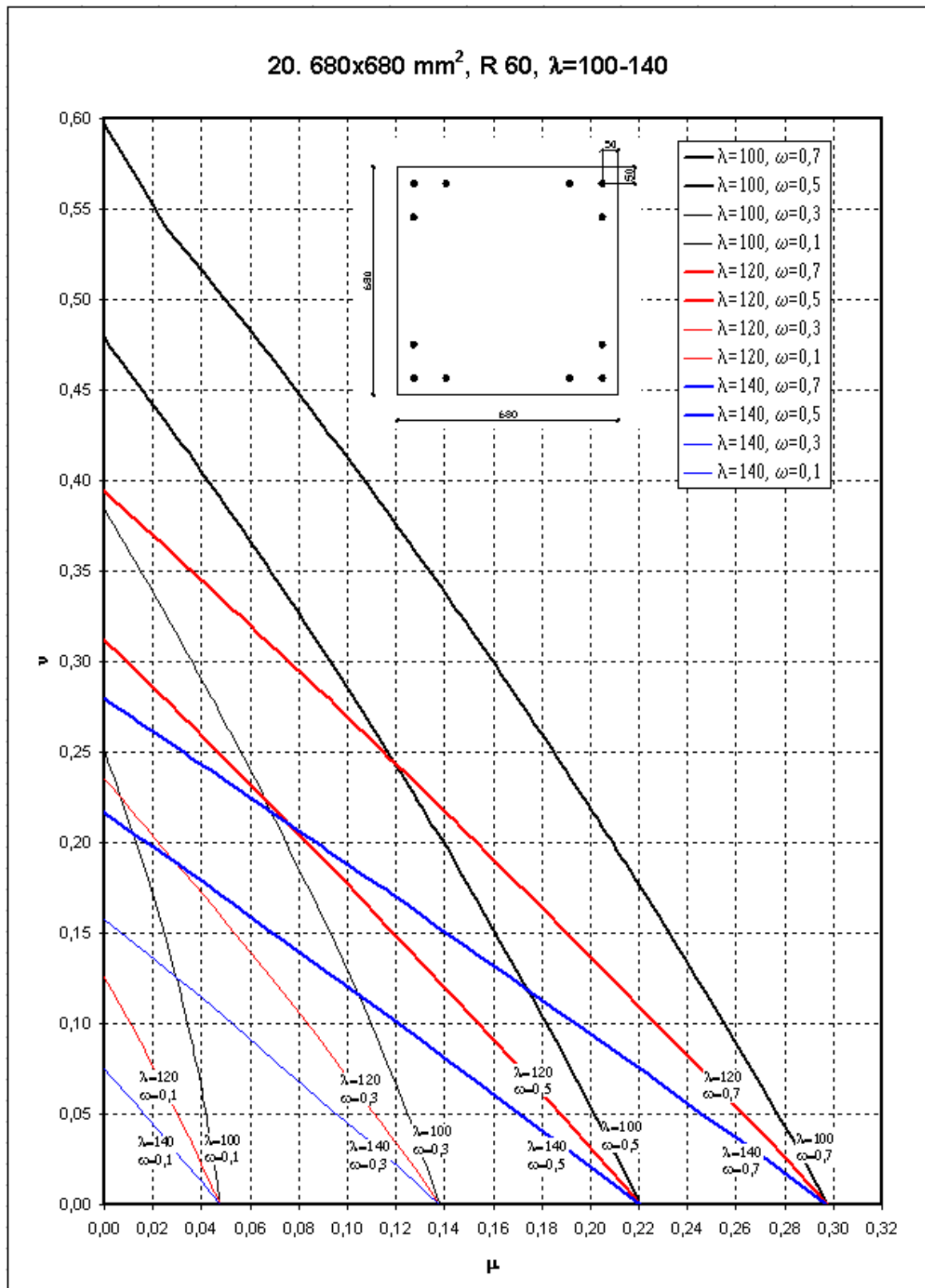


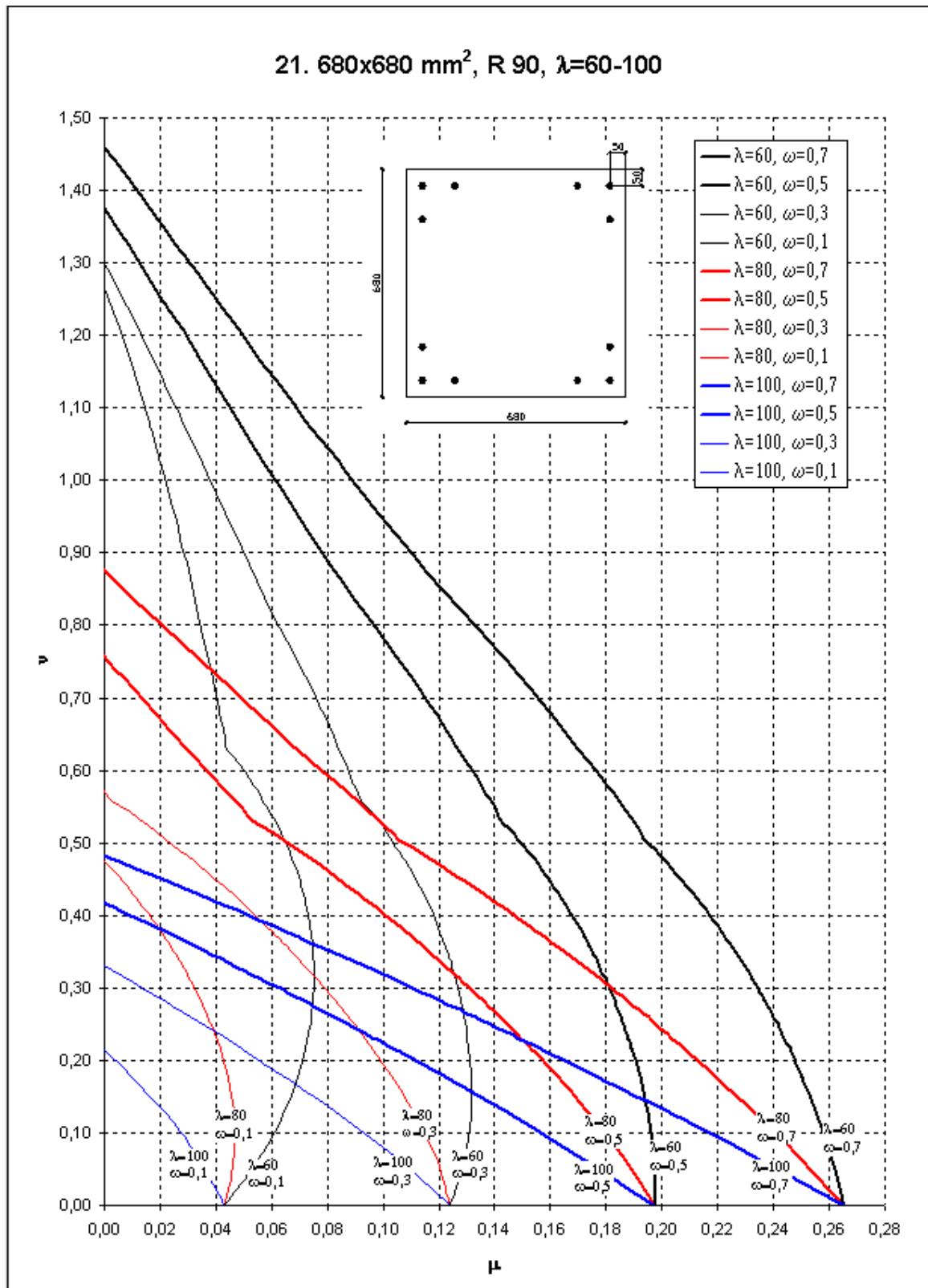


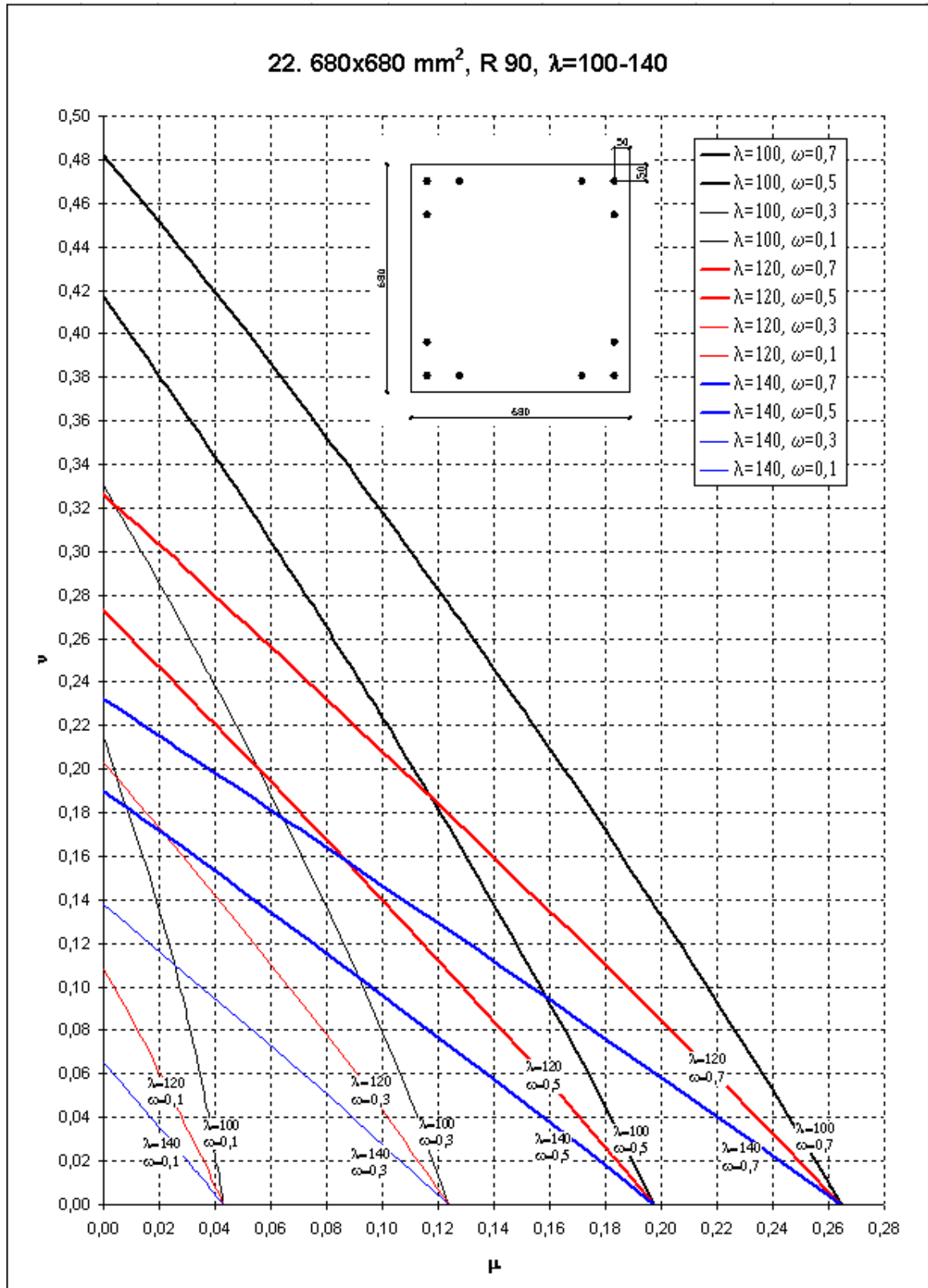


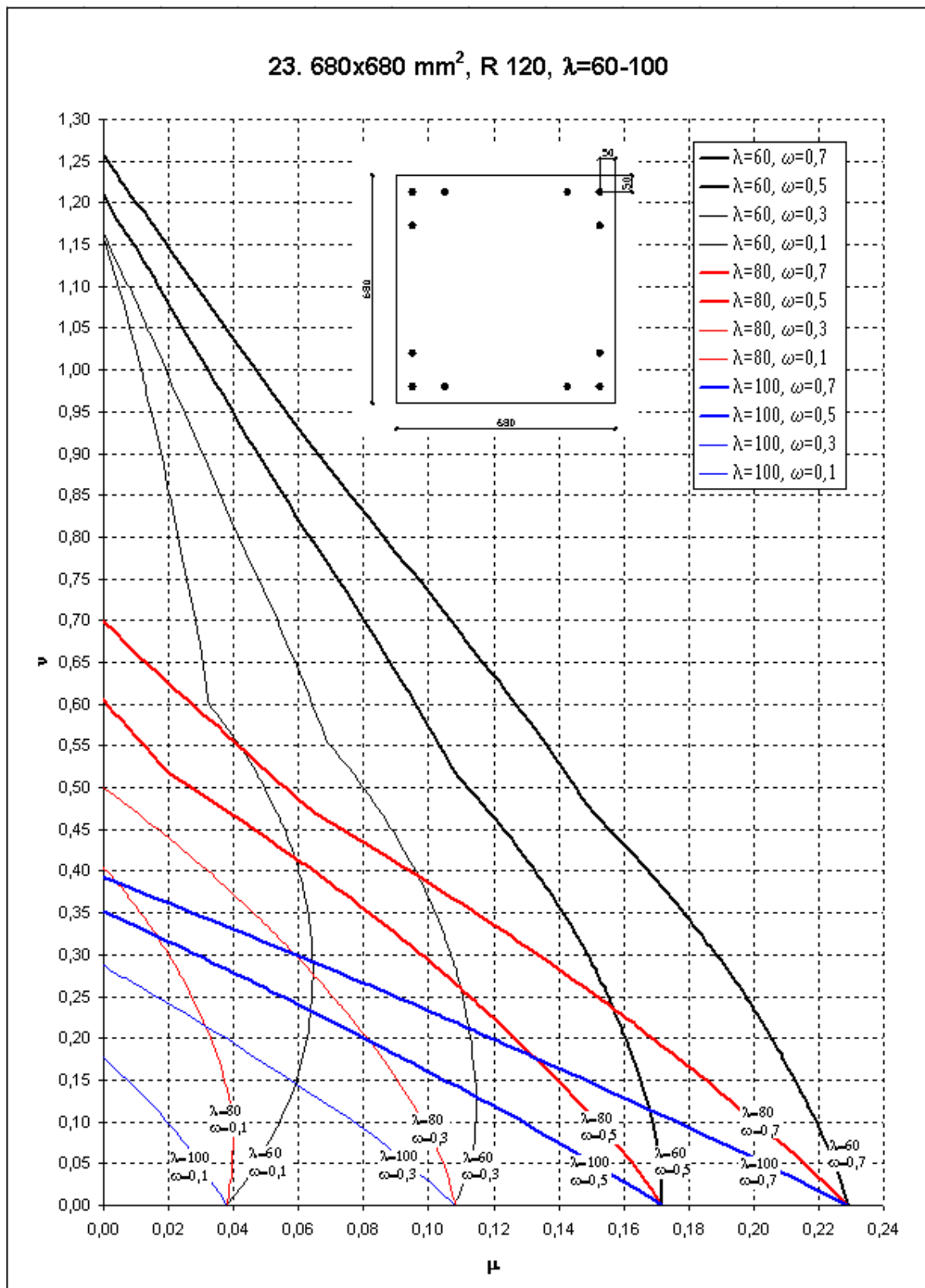


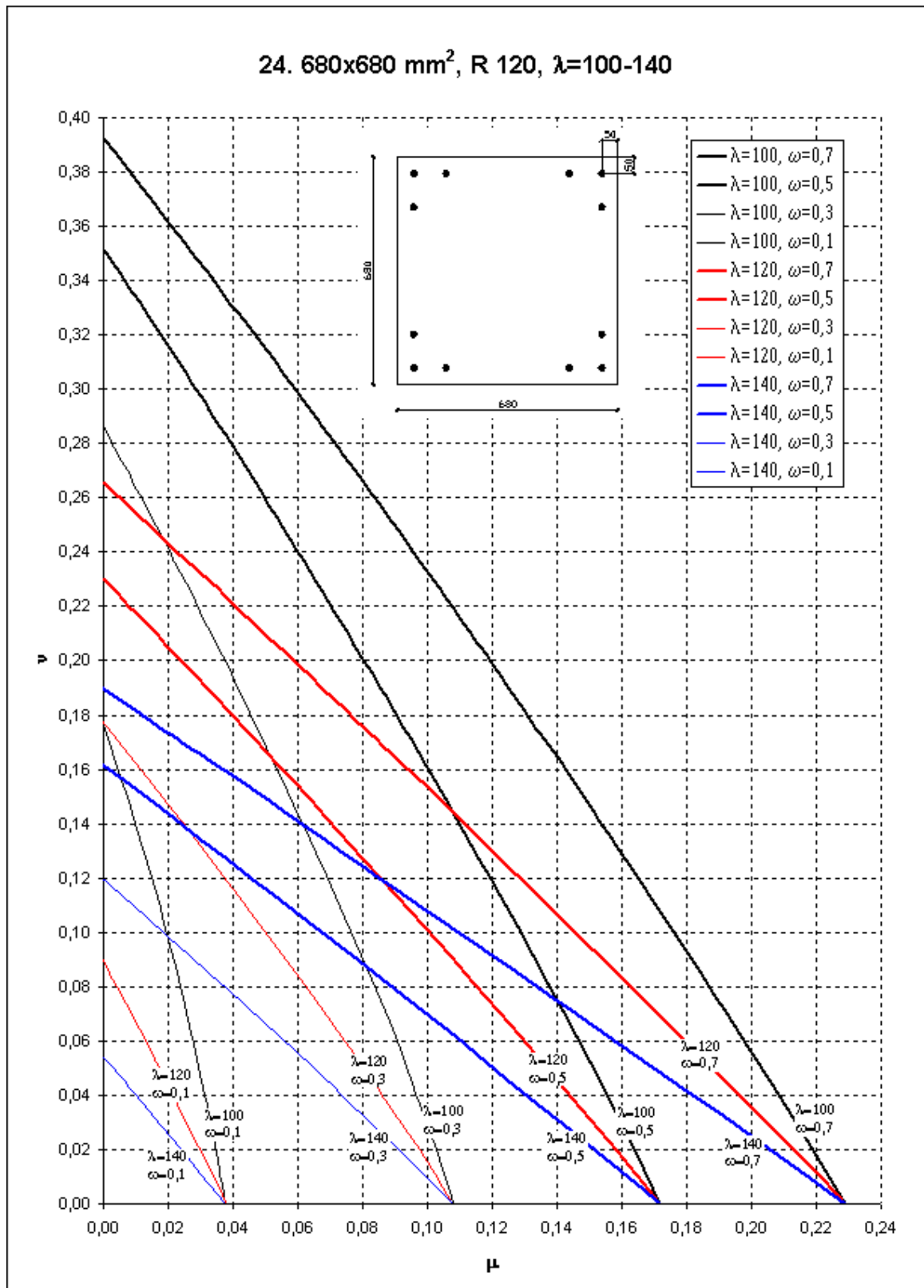


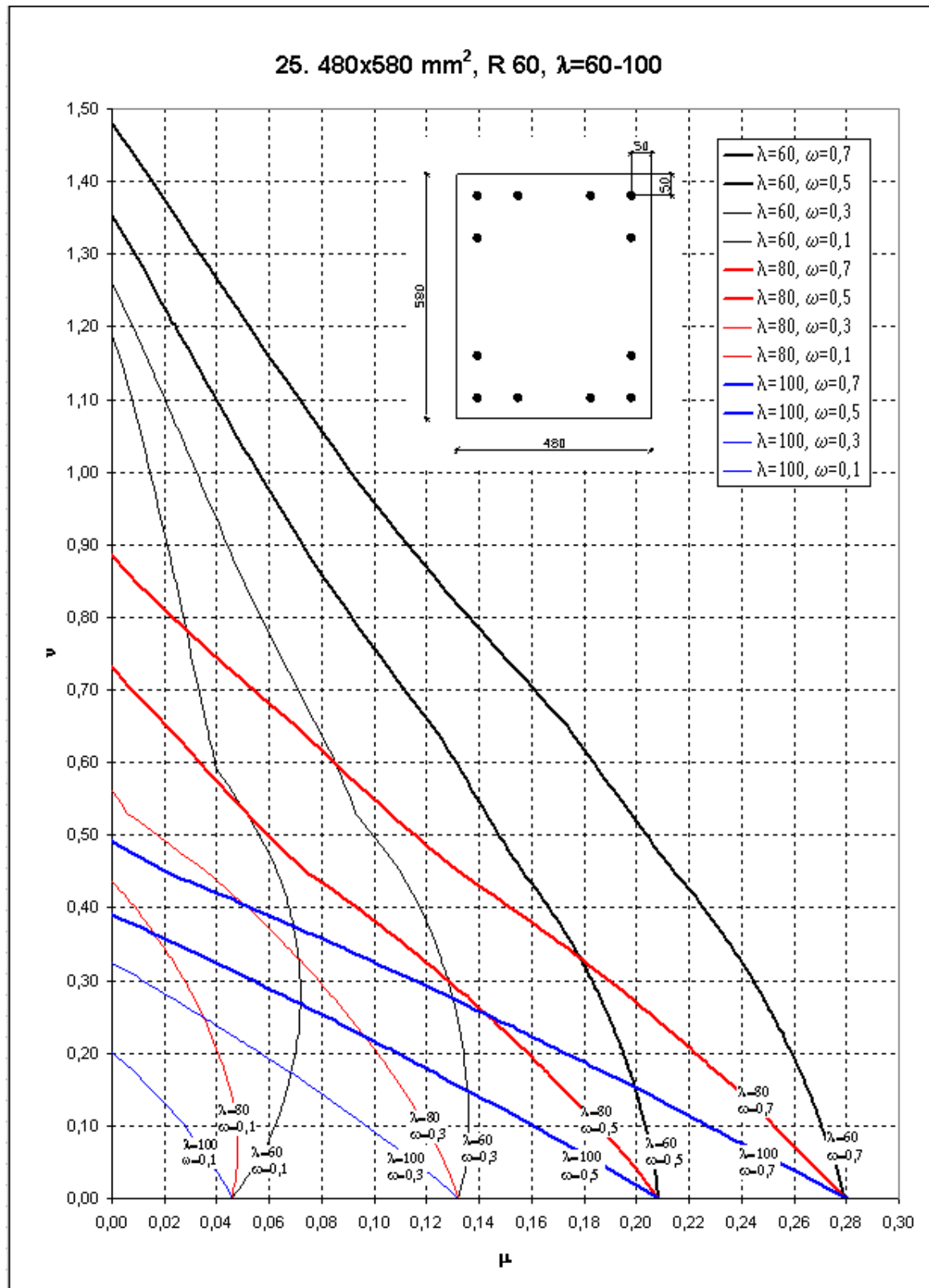


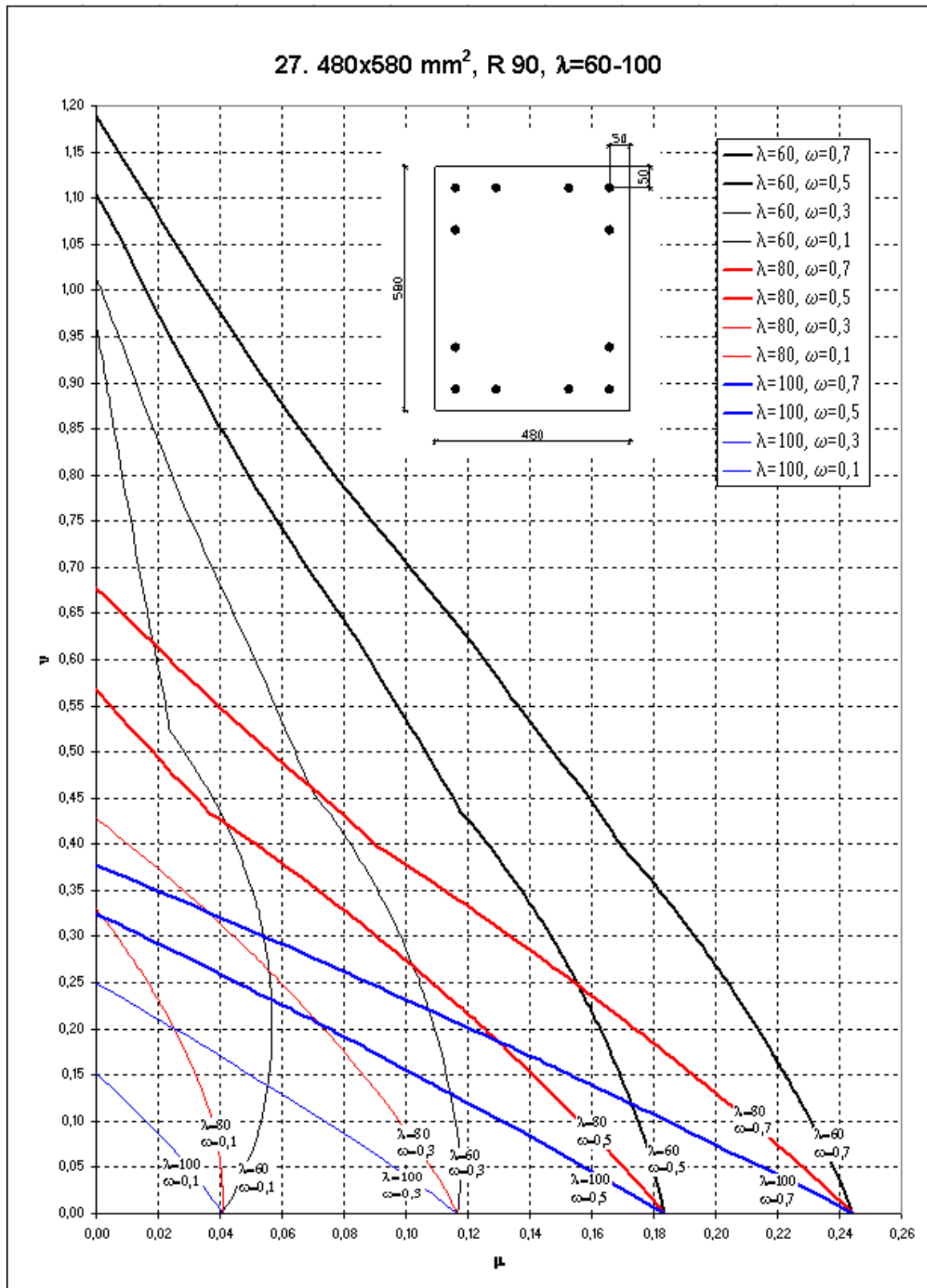


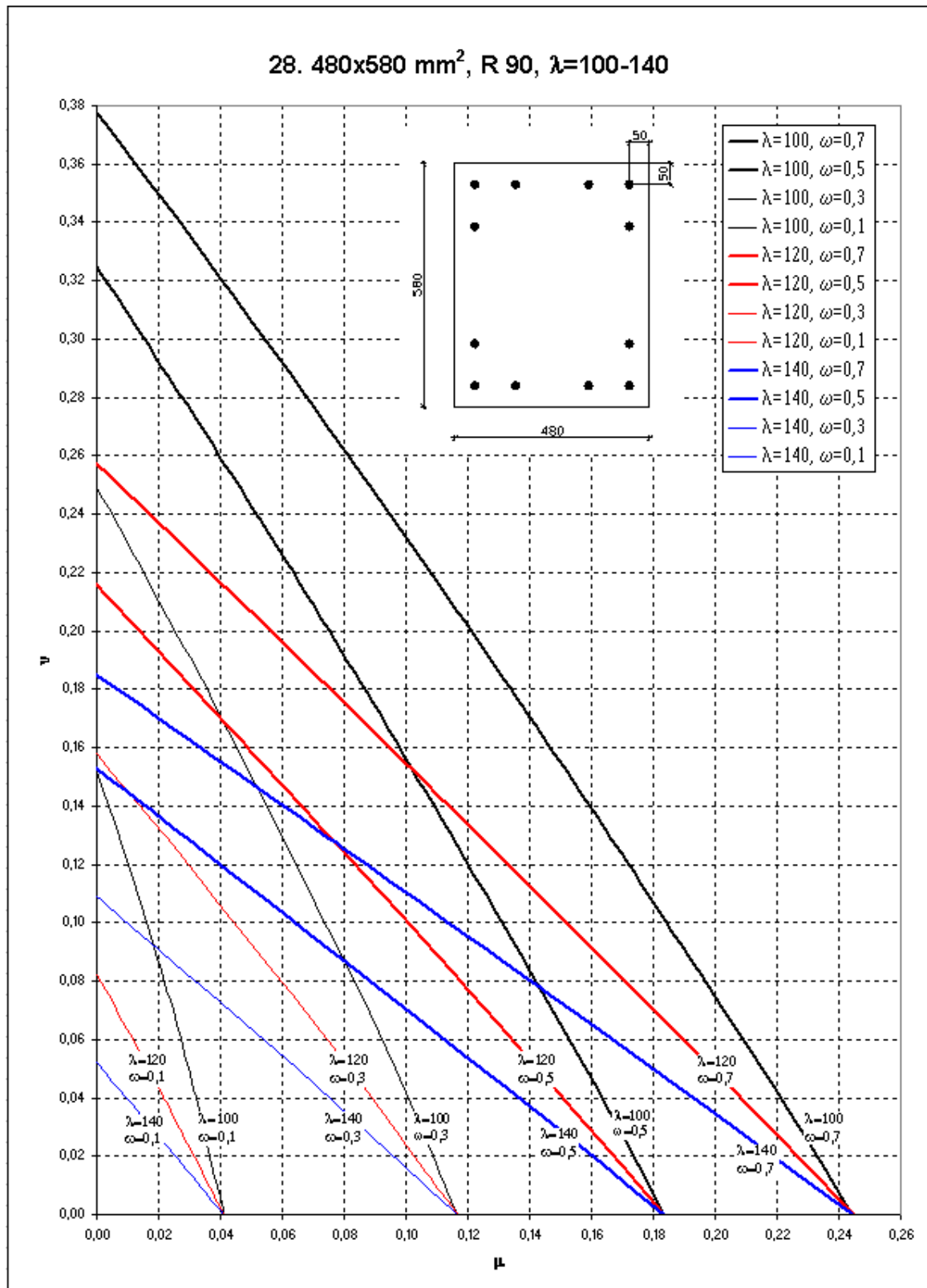




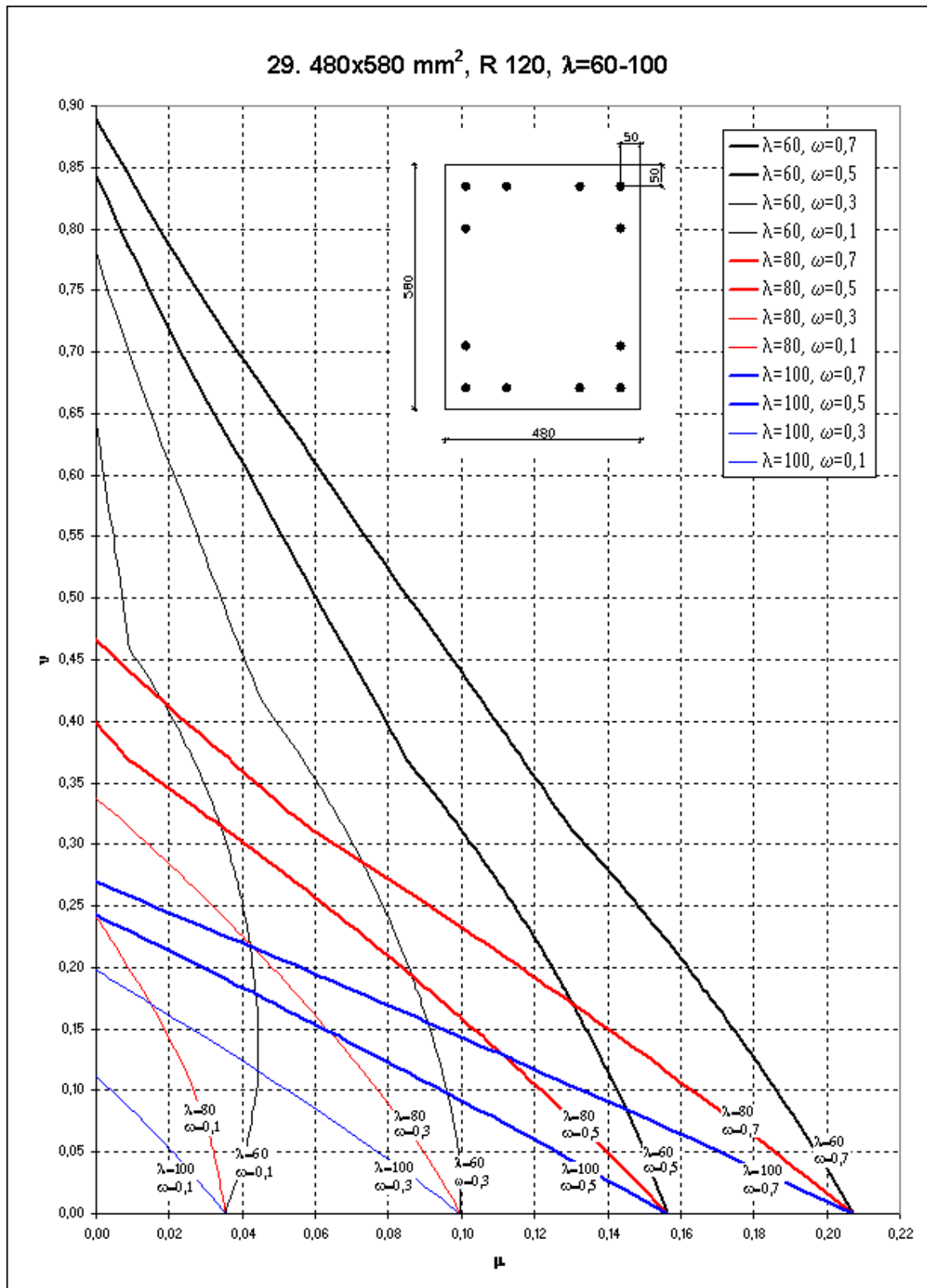


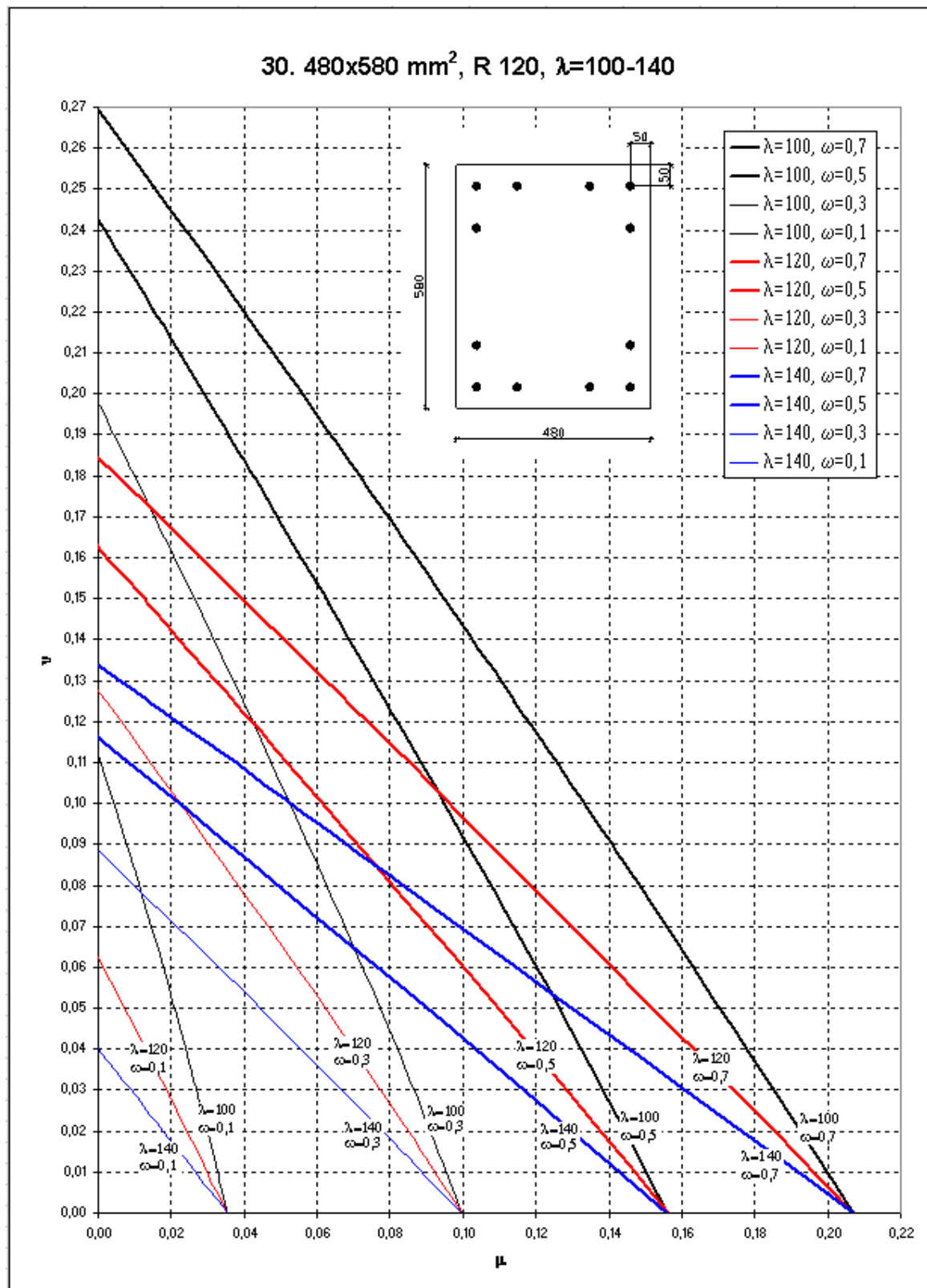


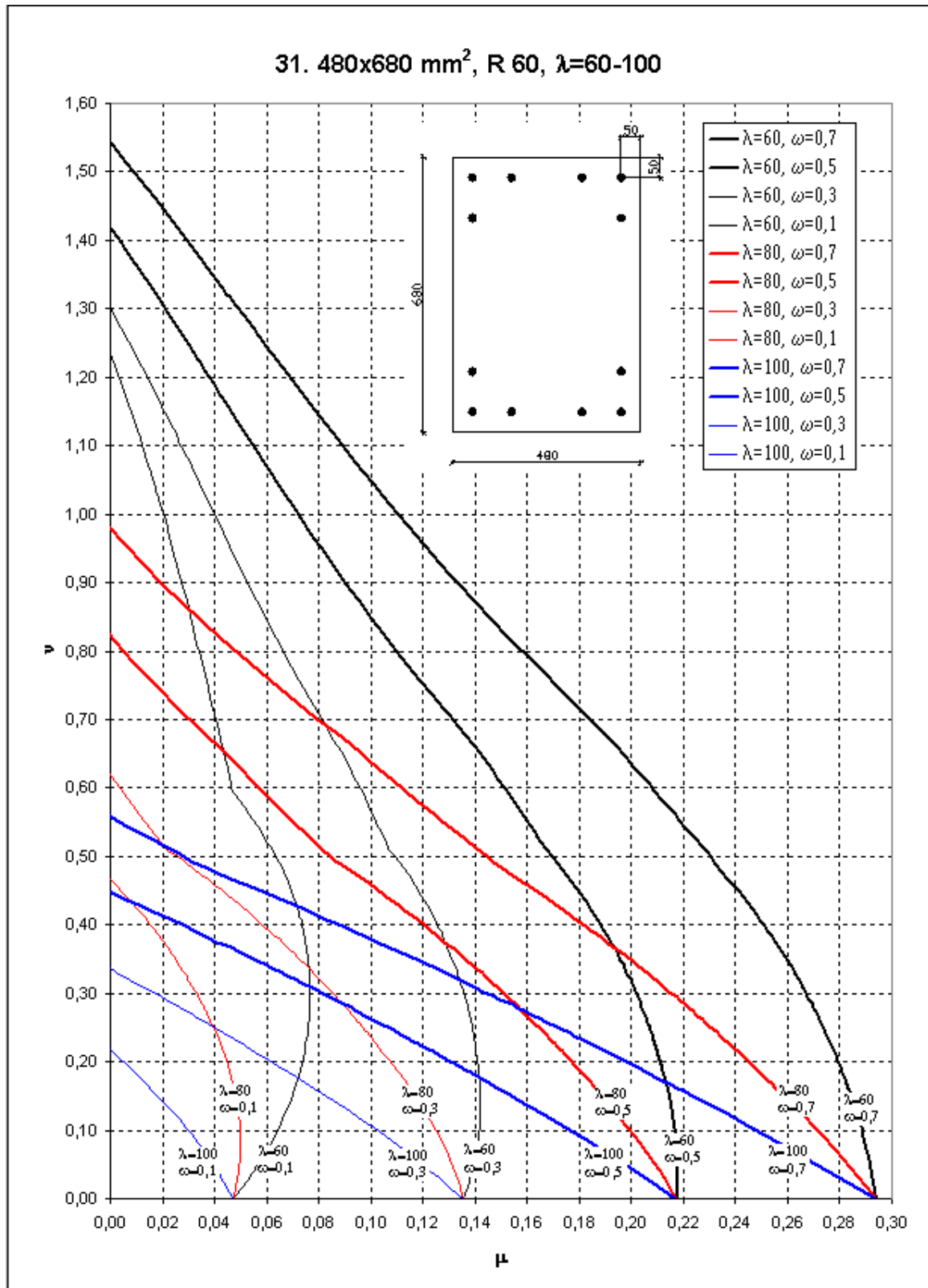


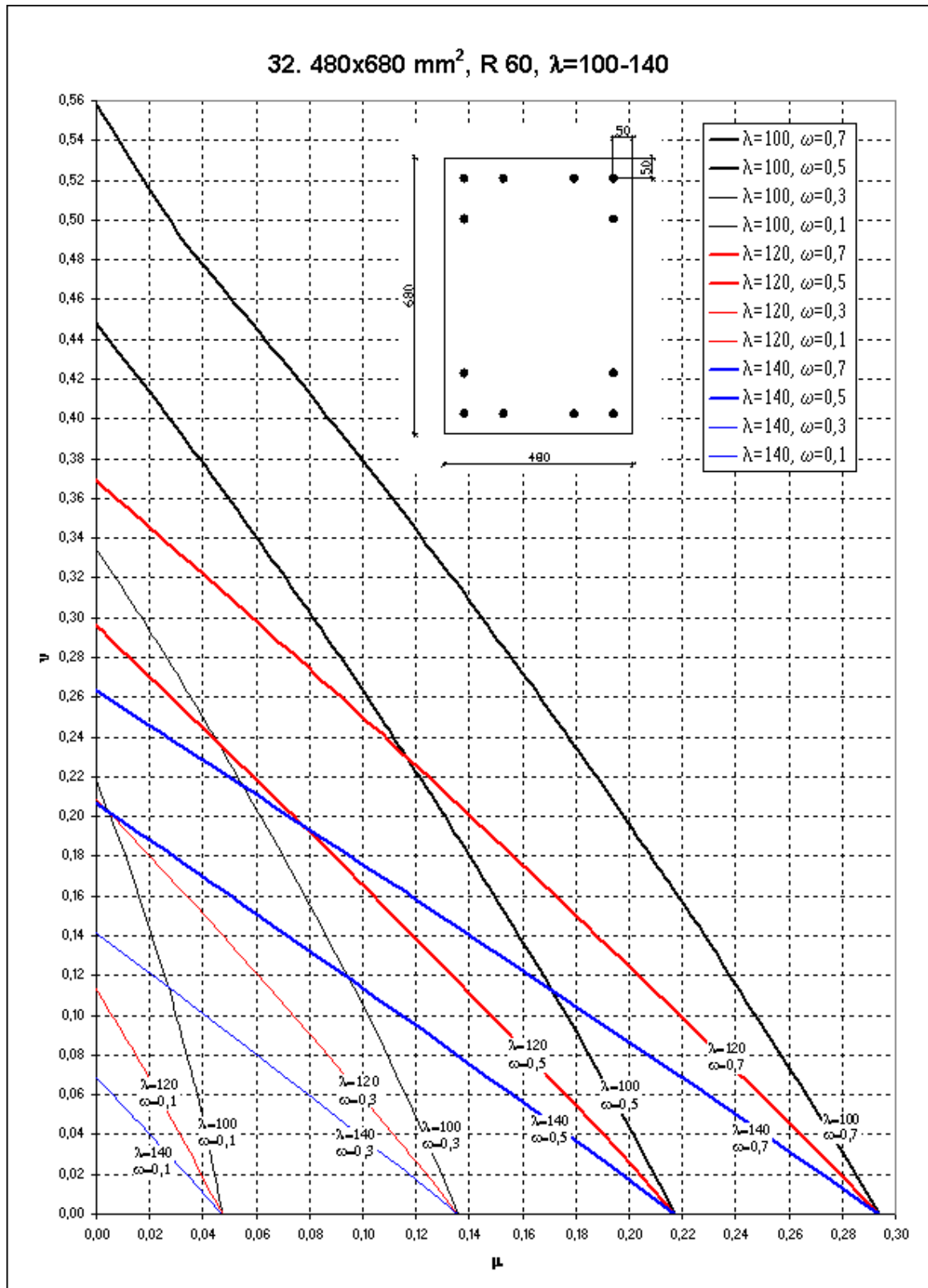


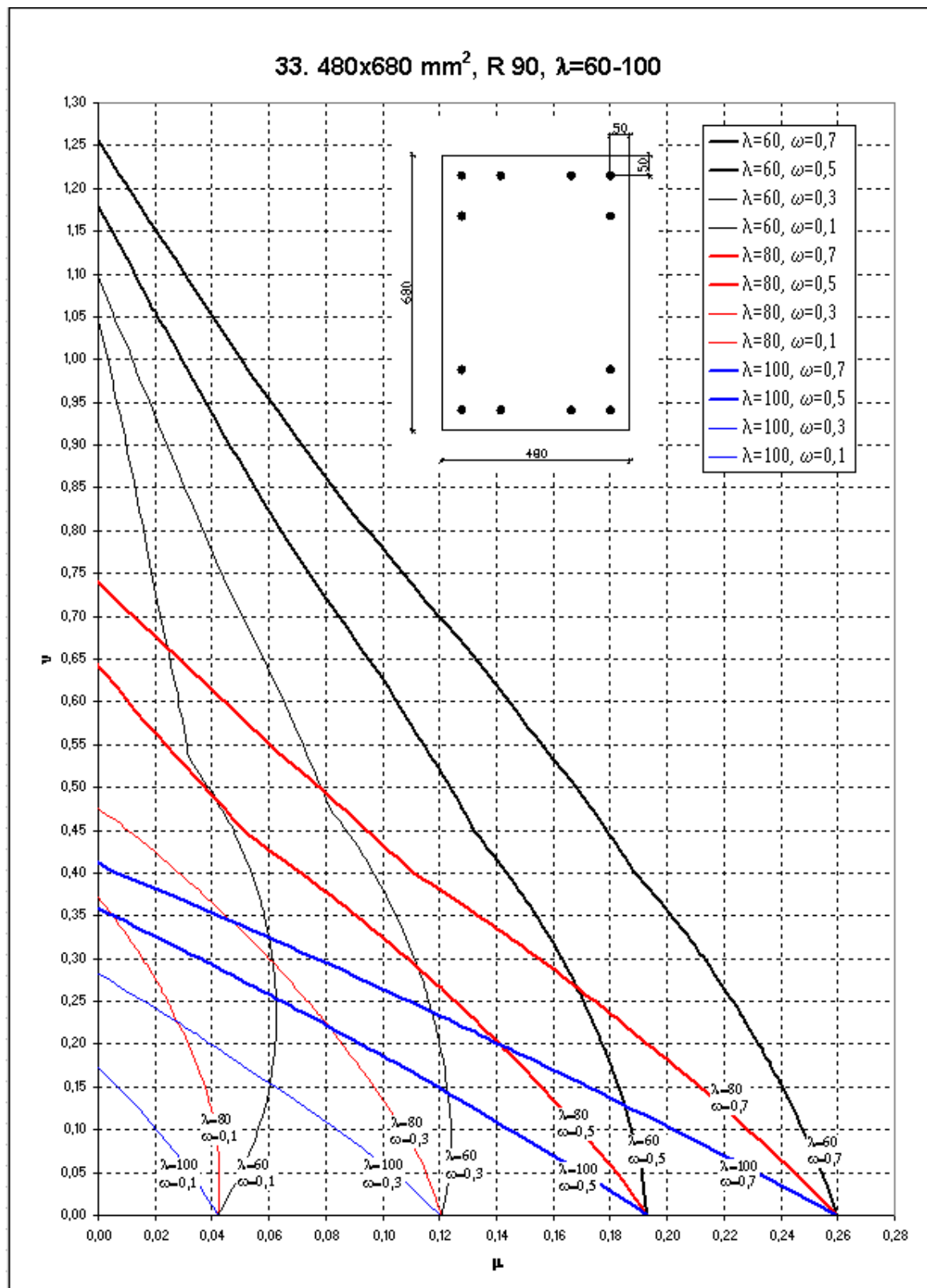


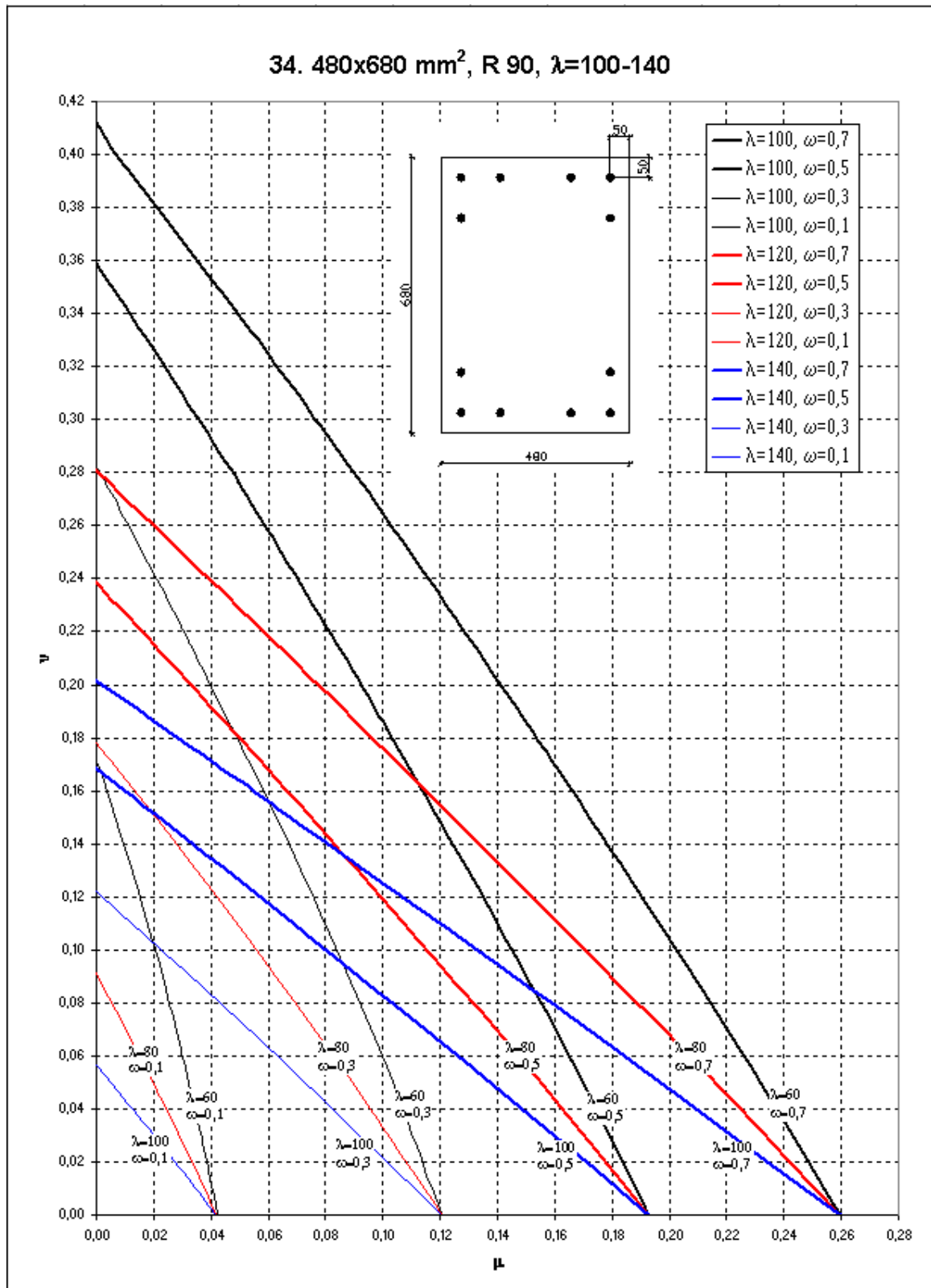


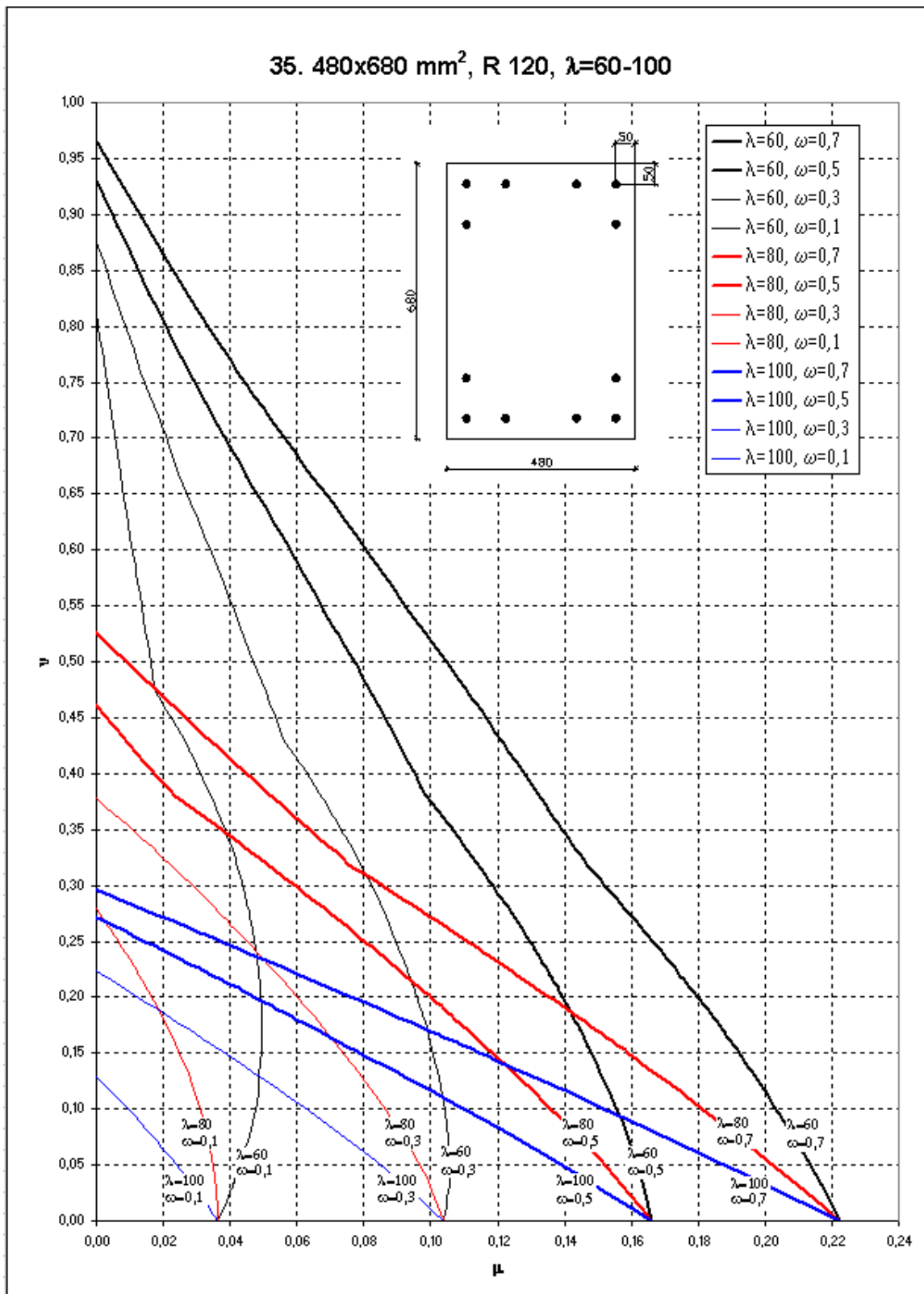


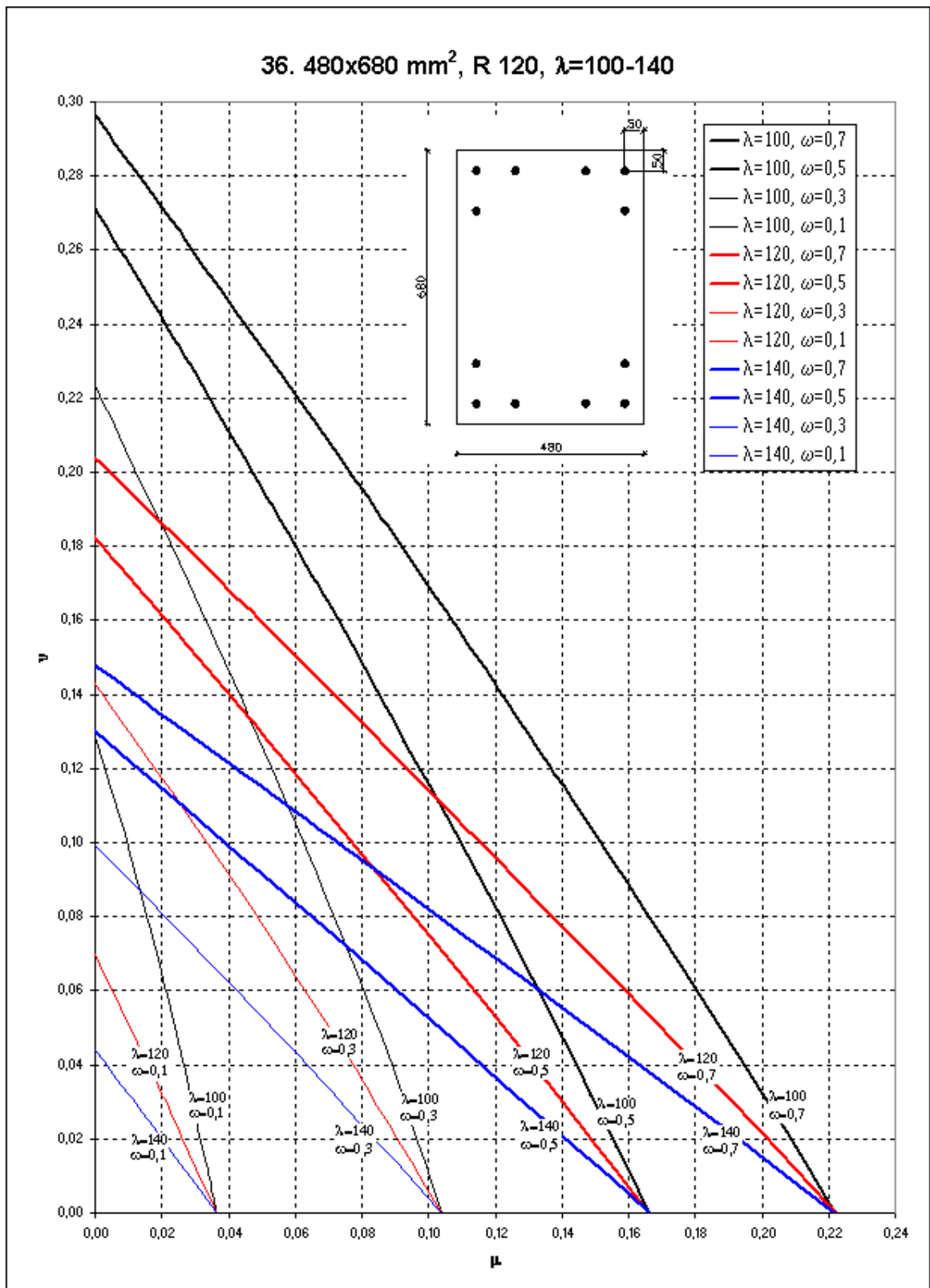












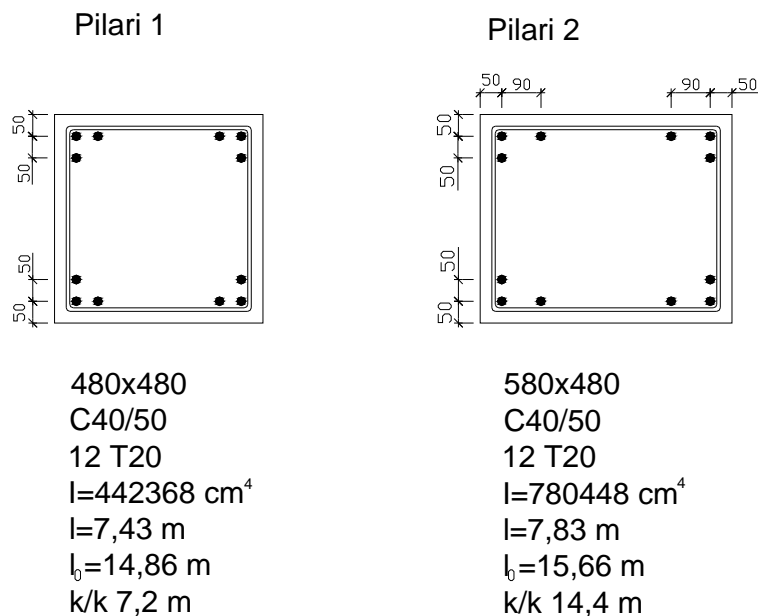


## 4 Esimerkkilaskelma

### 4.1 Tehtävä ja lähtötiedot

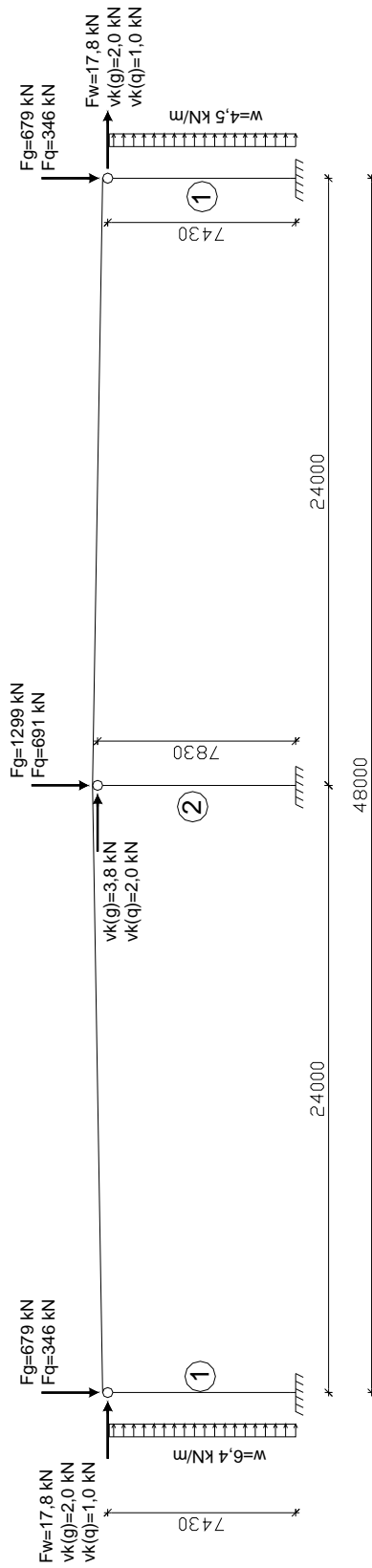
Lasketaan hallirakennuksen mastopilareiden 1 kestävyys normaalilämpötilassa ja tarkistetaan täyttyykö pilareilla paloluokkavaatimus R 60. Palonkestävyys tarkistetaan sekä taulukoilla että diagrammeilla.

Pilareiden poikkileikkaukset ja laskennassa tarvittavat tiedot on esitetty kuvassa 2. Hallin sisällä olevien pilareiden (pilari 2) k/k-jako on kaksi kertaa suurempi kuin ulkoseinällä olevien pilareiden (pilarit 1), joten rasituksen jakautumisen laskennassa tämä on otettu huomioon kertomalla pilarin 1 jäykkyys kahdella. Nurjahduspituus  $l_0$  ideaaliselle mastopilarille eurokoodin mukaisesti on 2 kertaa pilarin pituus. Pilari 2 on asetettu siten, että sillä on suurempi jäykkyys hallin poikkisuunnassa. Hallin rakennemalli sekä kuormien ominaisarvot on esitetty kuvassa 3. Halli sijaitsee alueella, jossa maassa olevan lumikuorman ominaisarvo  $q_k \geq 2,75 \text{ kN/m}^2$ .



**Kuva 3** Pilareiden tiedot

## RAKENNEMALLI JA OMINAISKUORMAT



**Kuva 4** Hallin rakennemalli ja kuormien ominaisarvot

## 4.2 Laskenta normaalilämpötilassa

Pilareiden vinous lasketaan EN 1992-1-1:n kaavan 5.1 mukaisesti

$$\theta_i = \theta_0 \alpha_h \alpha_m.$$

Perusarvona  $\theta_0$  käytetään suositeltua arvoa 1/200. Korkeuden huomioonottava kerroin  $\alpha_h$  on nyt

$$\frac{2}{\sqrt{7,83}} = 0,715$$

Kokonaisvaikutukseen vaikuttavien pilarien lukumäärän huomioonottava kerroin  $\alpha_m$  on

$$\sqrt{0,5(1 + \frac{1}{3})} = 0,816$$

Vinoudeksi saadaan

$$\theta_i = 1/200 \times 0,715 \times 0,816 = 0,0029172 \approx 1/343.$$

Rakennemallissa oleva vaakakuorma  $v_k(g)$  saadaan kertomalla sitä vastaava pystykuorma  $F_g$  arvolla 1/343. Samoin menetellään laskettaessa vaakakuorma  $F_q$ .

Kuormien osavarmuusluvut ja  $\psi$ -kertoimet ovat normaalilämpötilassa ja palotilanteessa kansallisen liitteen mukaisia. Näistä saadaan kolme kuormitustapausta, joista kuorman ominaisarvoja kerrotaan taulukon 5 mukaisilla luvuilla.

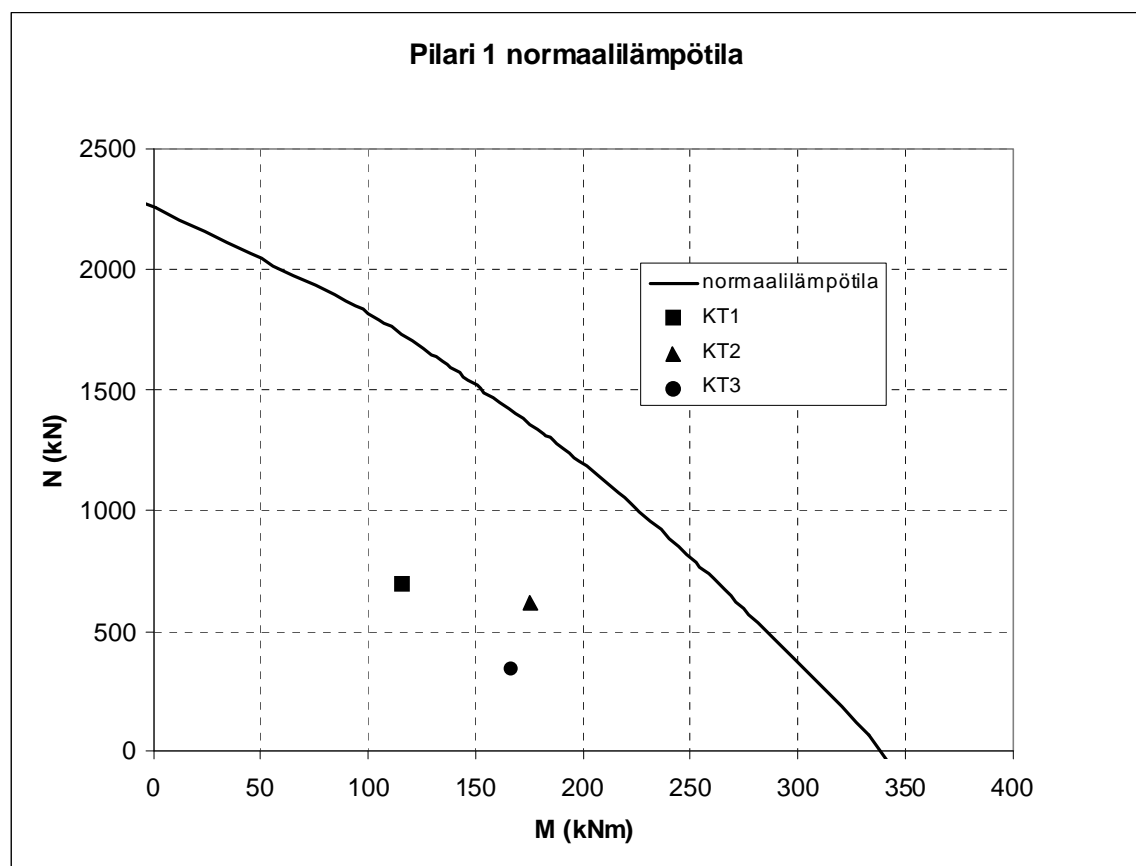
**Taulukko 5 Kuormitustapaukset normaalilämpötilassa**

Kuormitustapaus	g	lumi	tuuli
KT1	1,15	1,5	0,9
KT2	1,15	1,05	1,5
KT3	0,9		1,5

Kuormitustapausten laskenta suoritettiin elementtimenetelmäohjelmalla ottaen huomioon pilareiden eri jäykkyyksien suhde neliömomenttien avulla. Vasemmanpuoleiselle (suurempi tuulikuorma) pilarille 1 tulevat ensimmäisen kertaluvun rasitukset kuormitustapauksittain on esitetty taulukossa 6.

**Taulukko 6 Pilarin 1 rasitukset normaalilämpötilassa**

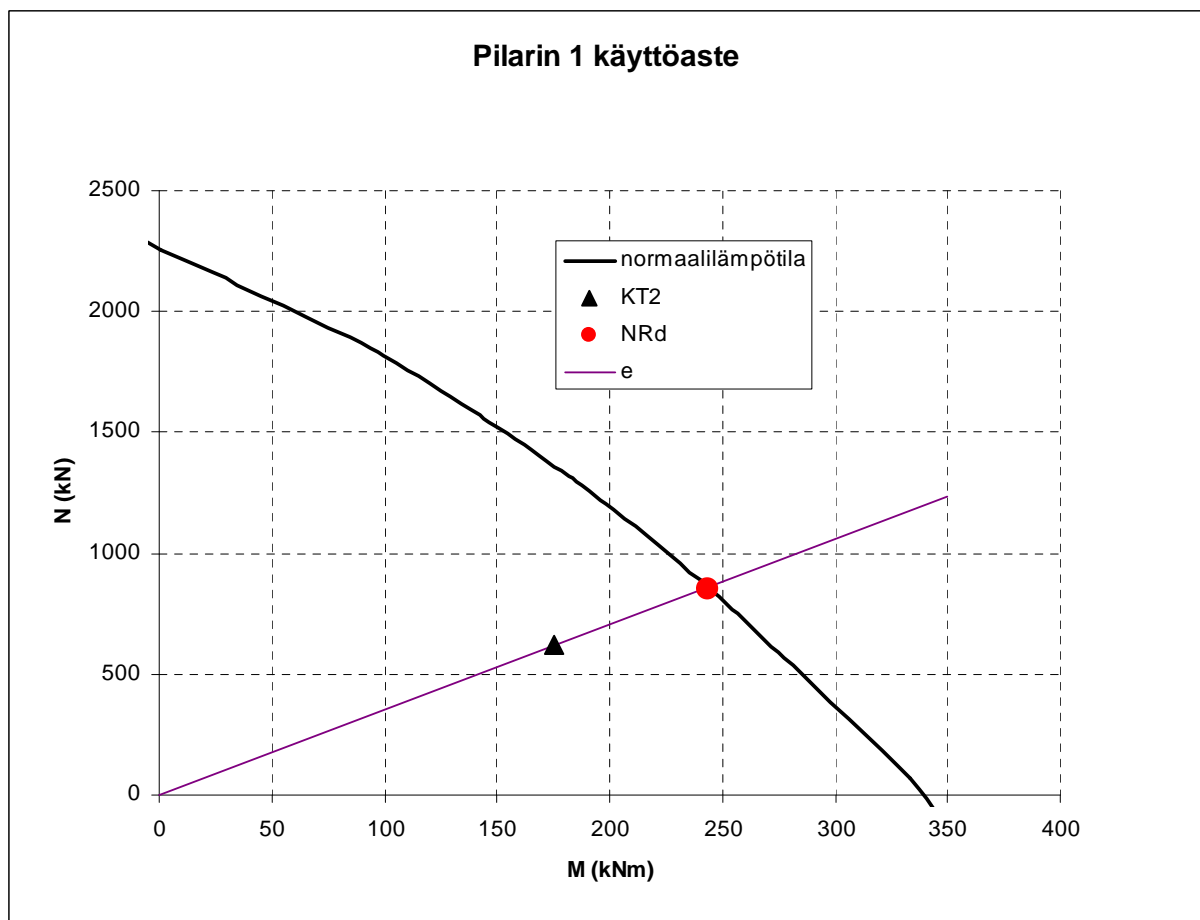
Kuormitustapaus	$N_d$ (kN)	$M_d$ (kNm)
KT1	695	115
KT2	617	175
KT3	341	167

**Kuva 5 Pilarin 1 kestävyys normaalilämpötilassa**

### 4.3 Palonkestävyyden tarkistaminen taulukoilla

Toimitaan kuvan 1 kulkukaavion mukaisesti tarkistettaessa pilarin 1 palonkestävyyttä. Valitaan ensin palonkestoaikaa R 60 ja tankojen keskiöetäisyyttä 50 mm vastaava taulukko. Tämän jälkeen lasketaan palotilanteen hyväksikäyttöaste  $\mu_{fi} = \mu\eta_{fi}$ , joka koostuu normaalilämpötilan käyttöasteesta  $\mu$  ja palotilanteen kuormien pienennyskertoimesta  $\eta_{fi}$ . Kuormitustapaus KT2 on tässä tapauksessa määräävä.

Käyttöaste saadaan laskettua jakamalla kuormitustapaus KT2:n normaalivoima (617 kN) vastaavaa epäkeskisyyttä olevan kuormituksen maksiminormaalivoimalla  $N_{Rd}$ . Normaalilämpötilan käyttöasteen  $\mu$  määrittymisen periaate on esitetty kuvassa 5.



**Kuva 6** *Pilarin 1 normaalilämpötilan käyttöasteen  $\mu$  määrittäminen*

Normaalilämpötilan käyttöasteeksi saadaan nyt  $\mu = \frac{N_{KT2}}{N_{Rd}} = \frac{617}{851} \approx 0,73$ . Jos normaalilämpötilan käyttöastetta ei määritetä tarkasti, sille voidaan käyttää arvoa 1.

Esimerkkilaskelmassa tilanne on likimain sellainen, että  $2/3$  pilarille tulevasta pystykuormasta  $P$  tulee rakenteiden omasta painosta ja  $1/3$  lumikuormasta. Tällöin normaalilämpötilassa mitoituskuormaksi saadaan kansallisen liitteen mukaisilla osavarmuuskertoimilla

$$N_{Ed} = 1,15 \times \frac{2}{3} P + 1,5 \times \frac{1}{3} P = 1,267 P.$$

Palotilanteen mitoituskuormaksi kansallisen liitteen mukaisilla osavarmuuskertoimilla saadaan

$$N_{Ed,fi} = 1 \times \frac{2}{3} P + 0,5 \times \frac{1}{3} P = 0,833 P.$$

Lasketaan palotilanteen mitoituskuorman suhde normaalilämpötilan vastaavaan

$$\eta_{fi} = \frac{0,833}{1,267} = 0,66.$$

Mikäli kuormien pienennyskerrointa ei määritetä tarkasti, sille voidaan käyttää arvoa 0,7.

Edellä lasketun perusteella saadaan laskettua hyväksikäyttöaste palomitoituksessa.

$$\mu_{fi} = \mu \eta_{fi} = 0,73 \times 0,66 \approx 0,48.$$

Nyt valitaan taulukosta poikkileikkausta  $480 \times 480 \text{ mm}^2$  ja palotilanteen hyväksikäyttöastetta  $\mu_{fi} = 0,5$  (varmalla puolella) vastaava ruutu. Ruudussa lukee ”OK”, joten pilari täyttää vaatimuksen R 60.

Jos palotilanteen hyväksikäyttöastetta  $\mu_{fi}$  ei määritetä tarkasti, voidaan sille käyttää arvoa  $\mu_{fi} = 1 \times 0,7 = 0,7$ . Tämä johtaa ruutuun, jossa on esitetty viisi ehtoa, joista vähintään yhden on toteuduttava, jotta pilari täyttää palonkestovaatimuksen R 60.

Lasketaan ehdoissa esiintyvä mekaaninen raudoitussuhde kaavalla

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{b h f_{cd}} = \frac{12\pi \times 10^2 \times \frac{500}{1,1}}{480^2 \times 0,85 \times \frac{40}{1,35}} = 0,295.$$

Kuormitusyhdistelmää KT2 vastaava alkuepäkeskisyydeksi saadaan

$$e_a = \frac{M_{0Ed}}{N_{Ed}} = \frac{175}{617} \approx 284 \text{ mm}.$$

Ensimmäinen ehto tarkasteltavassa ruudussa on, että  $0,10 < \omega < 0,30$  ja  $e_a > 150 \text{ mm}$ . Tämä ehto toteutuu, joten muiden ehtojen tutkiminen on tarpeetonta. Tässä tapauksessa huomataan, että pilari täyttää vaatimuksen R 60, vaikka palotilanteen hyväksikäyttöastetta ei määritetä tarkasti.

Taulukossa 7 on selvennetty ruutujen valintaa taulukosta. Vihreä ruutu vastaa tilannetta, jossa palotilanteen hyväksikäyttöaste  $\mu_{fi}$  määritettiin tarkasti ja keltainen ruutu tilannetta, jossa sille käytettiin suoraan arvoa 0,7.

Taulukko 7 Ruutujen valinta taulukosta

R 60	$\mu_{fi}$				
a=50 mm	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
380x380	OK	OK	OK, jos 1. $\omega < 0,65$ ja $12 < T < 32$ tai 2. $0,10 < \omega < 0,35$ tai 3. $e_p > 180$ mm	OK, jos 1. $0,10 < \omega < 0,30$ ja $e_p > 100$ mm tai 2. $\omega < 0,50$ ja $e_p > 150$ mm tai 3. $\omega < 0,80$ ja $e_p > 250$ mm tai 4. $\omega < 1,05$ ja $e_p > 350$ mm tai 5. $e_p > 550$ mm	OK, jos 1. $0,10 < \omega < 0,25$ ja $e_p > 200$ mm tai 2. $\omega < 0,50$ ja $e_p > 300$ mm tai 3. $\omega < 0,80$ ja $e_p > 500$ mm tai 4. $\omega < 1,05$ ja $e_p > 700$ mm tai 5. $\omega < 1,25$ ja $e_p > 850$ mm
480x480	OK	OK	OK	OK, jos 1. $0,10 < \omega < 0,30$ ja $e_p > 40$ mm tai 2. $0,05 < \omega < 0,60$ ja $e_p > 80$ mm tai 3. $0,05 < \omega < 0,80$ ja $e_p > 140$ mm tai 4. $e_p > 290$ mm	OK, jos 1. $0,10 < \omega < 0,30$ ja $e_p > 150$ mm tai 2. $0,05 < \omega < 0,50$ ja $e_p > 200$ mm tai 3. $\omega < 0,65$ ja $e_p > 300$ mm tai 4. $\omega < 0,80$ ja $e_p > 400$ mm tai 5. $\omega < 1,30$ ja $e_p > 650$ mm
580x580	OK	OK	OK	OK, jos 1. $\omega < 0,55$ tai 2. $T < 32$ mm tai 3. $e_p > 80$ mm	OK, jos 1. $\omega < 0,25$ ja $e_p > 60$ mm tai 2. $\omega < 0,35$ ja $e_p > 140$ mm tai 3. $\omega < 0,45$ ja $e_p > 200$ mm tai 4. $\omega < 0,55$ ja $e_p > 250$ mm tai 5. $\omega < 0,85$ ja $e_p > 320$ mm
680x680	OK	OK	OK	OK	OK, jos 1. $\omega < 0,32$ tai 2. $T < 25$ mm tai 3. $\omega < 0,40$ ja $e_p > 60$ mm tai 4. $\omega < 0,62$ ja $e_p > 170$ mm
480x580	OK	OK	OK	OK, jos 1. $\omega < 0,25$ tai 2. $e_p > 160$ mm tai 3. $\omega < 1,00$ ja $e_p > 80$ mm	OK, jos 1. $\omega < 0,30$ ja $e_p > 180$ mm tai 2. $\omega < 0,50$ ja $e_p > 300$ mm tai 3. $\omega < 0,80$ ja $e_p > 390$ mm tai 4. $e_p > 650$ mm
480x680	OK	OK	OK	OK, jos 1. $\omega < 0,35$ tai 2. $T < 25$ mm tai 3. $\omega < 0,45$ ja $e_p > 50$ mm tai 4. $\omega < 0,90$ ja $e_p > 130$ mm tai 5. $e_p > 160$ mm	OK, jos 1. $\omega < 0,25$ ja $e_p > 110$ mm tai 2. $\omega < 0,30$ ja $e_p > 160$ mm tai 3. $\omega < 0,45$ ja $e_p > 240$ mm tai 4. $\omega < 0,85$ ja $e_p > 500$ mm tai 5. $e_p > 650$ mm

#### 4.4 Palonkestävyyden tarkistaminen diagrammeilla

Lasketaan ensin mitoitusdiagrammeissa tarvittavat pilarin hoikkuus ja mekaaninen raudoitussuhde. Pilarin hoikkuus saadaan kaavalla

$$\lambda = \frac{l_0}{i}, \text{ missä}$$

$$i = \sqrt{\frac{4423680000}{480^2}} = 138,56 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \lambda = \frac{14860}{138,56} = 107,2.$$

Pilarin mekaaniseksi raudoitussuhteeksi saadaan

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{b h f_{cd}} = \frac{12\pi \times 10^2 \times \frac{500}{1,1}}{480^2 \times 0,85 \times \frac{40}{1,35}} = 0,295.$$

Palotilanteessa käytetään samaa vinouden arvoa (1/343) kuin normaalilämpötilassa. Kuormitusyhdistelmässä käytetään kertoimelle  $\psi_1$  arvoa 0,5 ( $q_k \geq 2,75 \text{ kN/m}^2$ ). Näin ollen kuormien ominaisarvot kerrotaan eri kuormitustapauksissa taulukon 8 mukaisilla arvoilla.

### Taulukko 8 Kuormitustapaukset palotilanteessa

Kuormitustapaus	g	lumi	tuuli
KT1,palo	1	0,5	
KT2,palo	1	0,2	0,2
KT3,palo	1		0,2

Laskenta suoritettiin samalla tavalla kuin normaalilämpötilassa ja tuloksena saatiin taulukossa 9 näkyvät rasitukset kuormitustapauksittain.

### Taulukko 9 Pilarin 1 rasitukset palotilanteessa

Kuormitustapaus	$N_d$ (kN)	$M_d$ (kNm)
KT1,palo	466	14
KT2,palo	414	33
KT3,palo	379	32

Koska pilarin hoikkuus on selvästi yli 100, katsotaan diagrammista hoikkuutta 120 vastaavaa käyrää, joka on selvästi varmalla puolella. Diagrammista voidaan tarkastella mekaanista raudoitussuhdetta  $\omega = 0,3$  vastaavaa käyrää, koska todellinen raudoitussuhde on niin lähellä tätä arvoa. Kuormitustapausta KT1,palo vastaavat suhteelliset rasitukset  $\nu$  ja  $\mu$  saadaan laskettua kaavoilla

$$\nu = \frac{N_{Ed,fi}}{b h f_{cd}} = \frac{466000}{480 \times 480 \times 25,19} = 0,080 \text{ ja}$$

$$\mu = \frac{M_{0Ed,fi}}{b h^2 f_{cd}} = \frac{14000000}{480 \times 480^2 \times 25,19} = 0,0050.$$

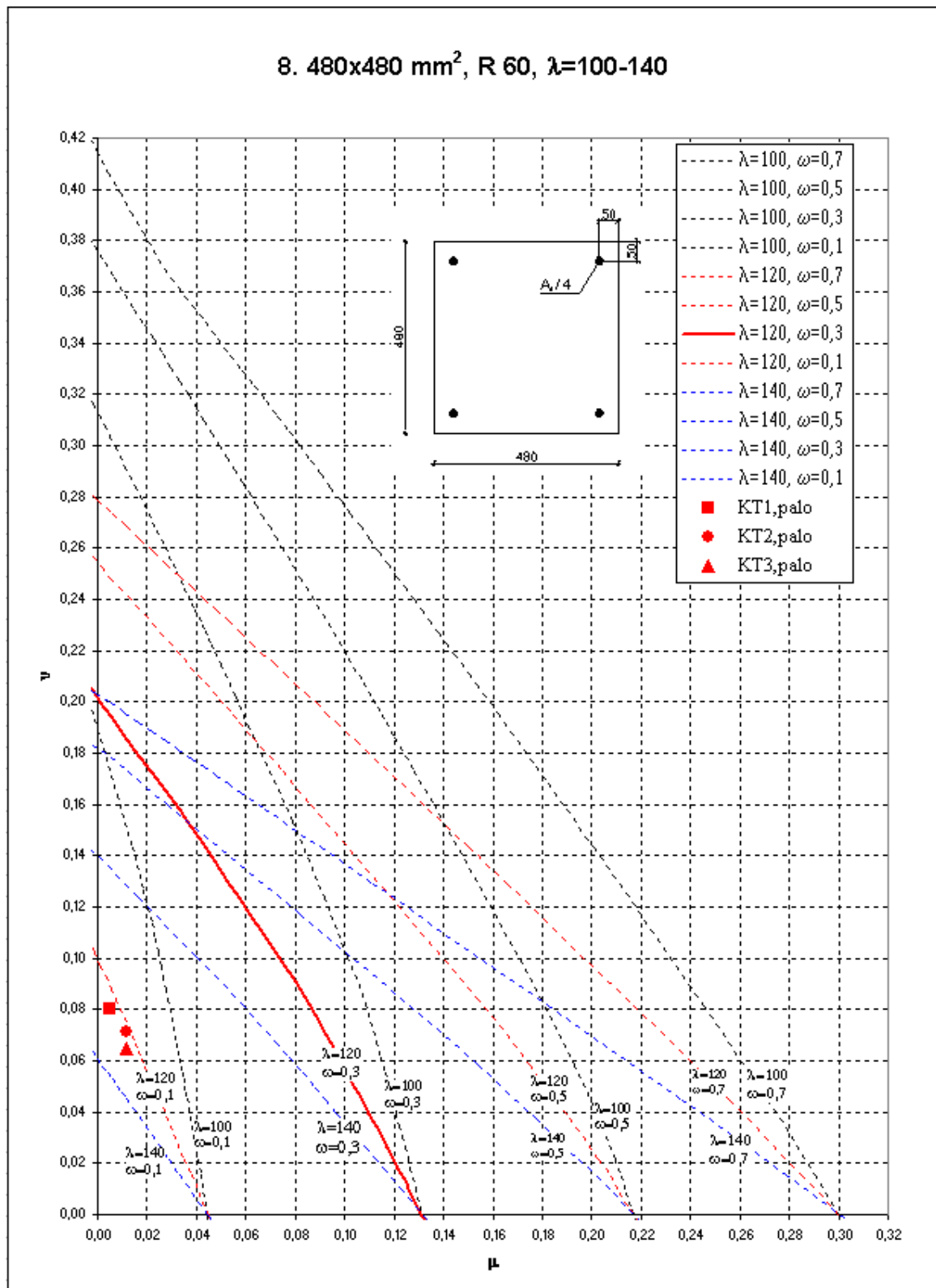


Kaikkia laskettavia kuormitustapauksia vastaavat suhteelliset rasitukset on esitetty taulukossa 10.

#### **Taulukko 10 Palotilanteen suhteelliset rasitukset**

Kuormitustapaus	$v$	$\mu$
KT1,palo	0,080	0,005
KT2,palo	0,071	0,012
KT3,palo	0,065	0,012

Taulukossa 10 olevat arvot on sijoitettu kuvassa 6 olevaan diagrammiin. Käyrä, jonka mukaan kestävyys tarkistetaan, on vahvennettu ja muut käyrät on merkitty katkoviivalla. Diagrammista käy ilmi, että kuormitustapaukset ovat selvästi tutkittavan käyrän rajaaman alueen sisäpuolella, joten pilari 1 täyttää paloluokan R 60 vaatimuksen.



## **Kirjallisuus**

SFS-EN 1991-1-2 Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-2: Yleiset kuormat. Palolle altistettujen rakenteiden kuormat, Suomen Standardisoimisliitto 2004

SFS-EN 1992-1-2 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus, Suomen Standardisoimisliitto 2007

Salminen, Mikko, Teräsbetonisen mastopilarin palomitoitus eurokoodin mukaan, Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto 2007

Ympäristöministeriön asetukset eurokoodien kansallisesta soveltamisesta 2007