

**Programmi Columbiakivi välisseina arvutus**  
**Kasutusjuhend**  
**Version 1.1**

## **Projekteerimisprogramm Columbiakivi seinä arvutus**

---

Antud programm on mõeldud vertikaalselt koormatud armeerimata seinte arvutamiseks tsiviilhoonetes. Horisontaalkoormuse rakendamise võimalus on pilastriga seinä arvutamisel.

Programmi abil on võimalik lahendada järgmisi ülesandeid:

- vertikaalselt koormatud avadega seinte kontrollarvutus;
- vertikaalselt ja horisontaalselt koormatud avadega ja pilastriga seinte kontrollarvutus;
- keldriseina arvutus vertikaalkoormusele ja mullasurvele.

Kõik arvutused tehakse vastavalt Eesti projekteerimisnormidele EPN-ENV 6.1.1

Korraga saab lahendada ainult ühte ülesannet.

Kõik märkused ja soovitusel palume saata aadressil [voltri@online.ee](mailto:voltri@online.ee)

Koostaja V. Voltri

## Sisukord

<b>1 PROGRAMMI TEHNILINE KASUTAMINE</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1 Töö alustamine programmiga</b> .....	<b>5</b>
<b>1.2 Programmi rippmenüüde korraldused</b> .....	<b>6</b>
1.2.1 Failid .....	6
1.2.2 Sisestus .....	6
1.2.3 Seaded.....	6
1.2.4 Tulemused .....	8
1.2.5 Aknad.....	8
1.2.6 Abi .....	8
<b>1.3 Nupumenüü korraldused</b> .....	<b>9</b>
<b>1.4 Lähteandmete sisestamine</b> .....	<b>9</b>
1.4.1 Ülesande geomeetria sisestus.....	10
1.4.2 Avade sisestamine.....	11
1.4.3 Sein materjalide andmete sisestamine .....	12
<b>1.5 Arvutamine, lähteandmete ja tulemuste kuvamine</b> .....	<b>14</b>
<b>1.6 Failide avamine ja salvestamine</b> .....	<b>14</b>
<b>1.7 Tulemuste väljatrükk</b> .....	<b>15</b>
<b>1.8 Programmi töö juhtimine. Klaviatuuri käsud</b> .....	<b>15</b>
<b>2 TÖÖ PROGRAMMIGA</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 Sissejuhatus</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2 Sein arvutus</b> .....	<b>18</b>
2.2.1 Geomeetria .....	18
2.2.2 Materjalid .....	19
2.2.3 Koormused .....	20
2.2.4 Arvutused .....	21
<b>2.3 Keldriseina arvutus</b> .....	<b>22</b>
2.3.1 Geomeetria .....	22

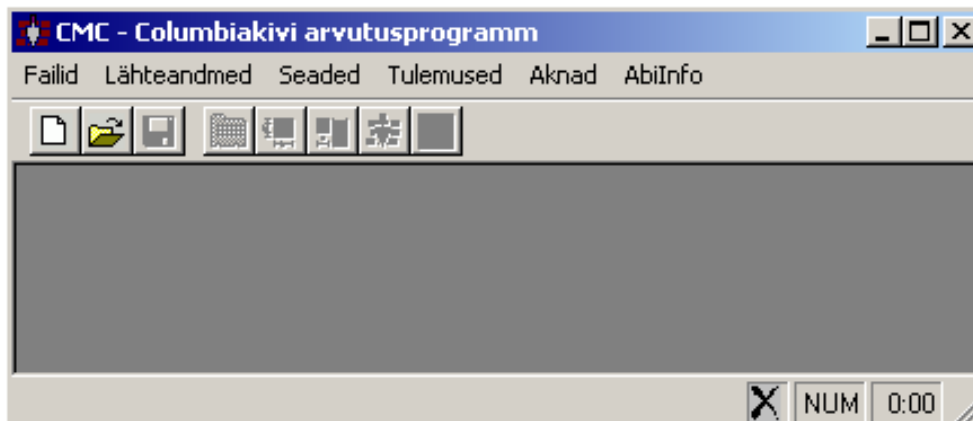
2.3.2 Materjalid .....	23
2.3.3 Koormused .....	23
2.3.4 Arvutused .....	24
<b>2.4 Pilastriga sein arvutus .....</b>	<b>25</b>
2.4.1 Üldiselt .....	25
2.4.2 Geomeetria .....	25
2.4.3 Materjalid .....	26
2.4.4 Koormused .....	26
2.4.5 Arvutused .....	27
<b>KASUTATUD KIRJANDUS .....</b>	<b>30</b>
<b>AINEREGISTER LK.....</b>	<b>31</b>

## 1 Programmi tehniline kasutamine

### 1.1 Töö alustamine programmiga

Programmi käivitamisel kuvab programm logo, mis püsib ekraanil ca' 30 sekundit. Logost saab edasi ka suvalise klahvivajutuse või hiireklõpsuga.

Peale seda avaneb programmi avaaken, mille ülaosas on programmi ikoon koos programmi nimega, rippmenüüderiba ja nupumenüüderiba. Akna alaosas kuvatakse staatusriba.



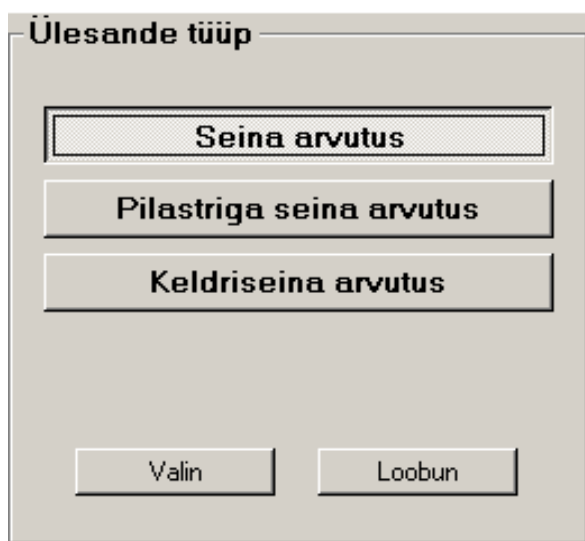
#### Joonis 1.1 Programmi avaaken

Staatuse ribas kuvatakse andmed aktiivse ülesande tüübi, andmete salvestamise kohta. Riba parempoolses servas on kellaeg.

Ülesannete andmete sisestamine, algandmete kuvamine ja lahendamine toimub akendes, mis avatakse avaakna sees. Korruga saab lahendada ainult ühte ülesannet.

Programmi avaaknas on kasutajal võimalik avada olemasolev ülesanne või alustada uut kasutades selleks ripp- või nupumenüü vastavaid korraldusi.

Uue ülesande valikul kuvab programm ülesande tüübi valikuakna. Programm võimaldab kuvada selle akna ka alati programmi käivitamisel, vt. 1.2.3 Seaded.



#### Joonis 1.2 Ülesande tüübi valikuaken







Kui Te valite vajaliku ülesande tüübi kuvab programm ekraanile ülesande graafilise akna ja aktiveerib nupumenüü, millest saab valida korraldusi edasiseks tegevuseks. Ülesande graafiline aken on ka ülesande "hoidjaks", st selle sulgedes sulgub ka ülesanne. Sel puhul kontrollib programm muudatusi lähteandmetes.

## 1.2 Programmi rippmenüüde korraldused

### Programmi rippmenüü

Failid Lähteandmed Seaded Tulemused Aknad AbiInfo

#### 1.2.1 Failid

Failid	
 Uus ülesanne	Ctrl+N
 Ava ülesanne	Ctrl+O
 Sulge ülesanne	
 Salvesta	Ctrl+S
Salvesta nimega...	
 Trüki	
Viimati avatud...	
 Töö lõpp	Ctrl+X

Uue ülesande avamine  
Olemasoleva ülesande avamine  
Ülesande sulgemine

Salvestamine  
Salvestamine teise nimega






Trükkimine

Viimati avatud failide loetelu

Väljumine programmist

#### 1.2.2 Sisestus

Rippmenüüst „Sisestus“ toimub ülesande kõikide algandmete sisestamine:

Lähteandmed	
 Üldandmed	Üldandmete lisamine
 Geomeetria	Seina geomeetria sisestamine
 Avad	Akende ja uste parameetrid
 Materjalid	Materjalide sisestamine
 Koormused	Koormuste sisestamine

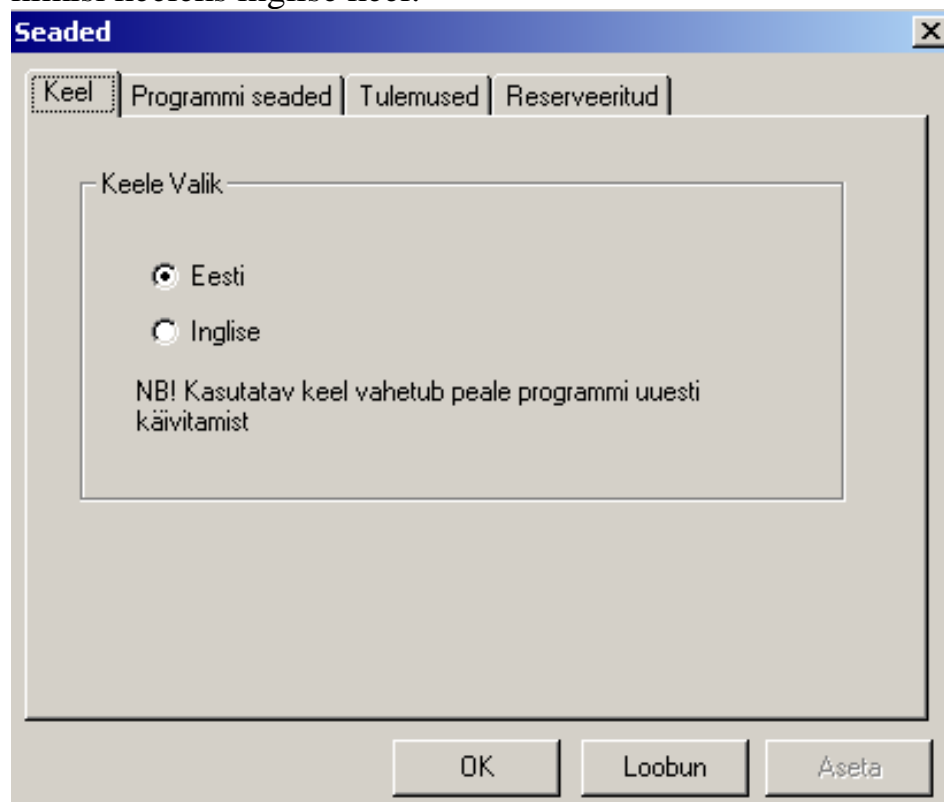
#### 1.2.3 Seaded

Rippmenüüst „Seaded“ on võimalik seada programmi esitamise parameetreid:

Seaded	
<input checked="" type="checkbox"/> TööriistaRiba	Nupumenüü kuvamine
<input checked="" type="checkbox"/> StaatusRiba	Staatusriba kuvamine
Valikud...	Valikute akna avamine

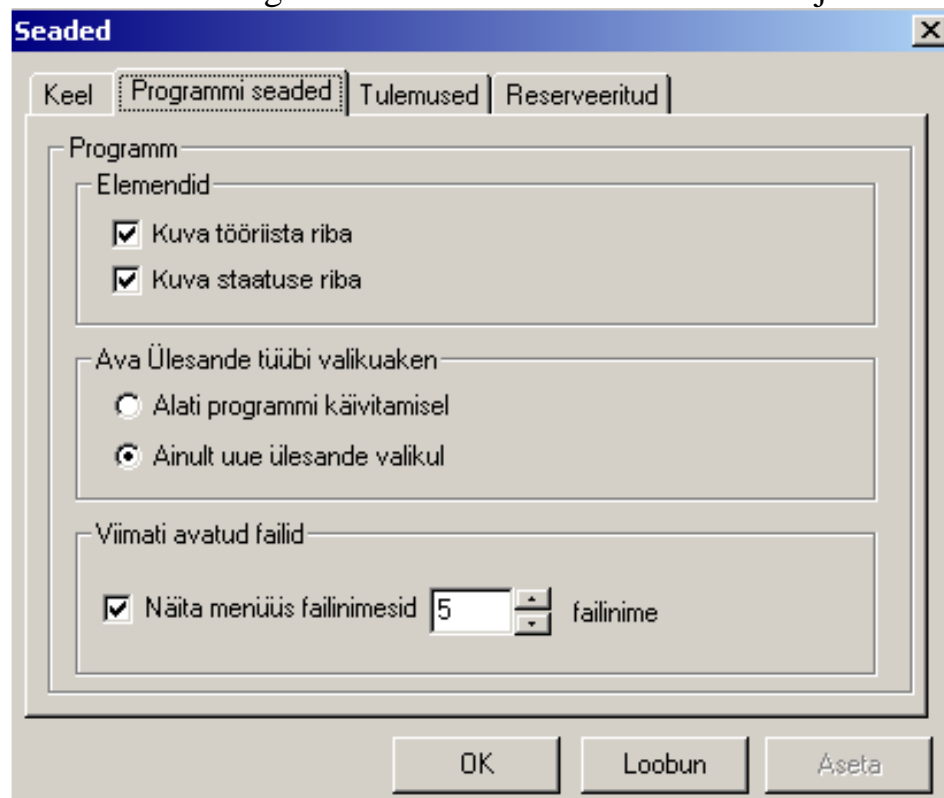
## Projekteerimisprogramm Columbiakivi sein arvutus

Valikute aknast saab seada programmi kasutamise keelt. Keele muutmiseks tuleb valida sobiv ja taaskäivitada programm. Peale programmi installeerimist on vaikimisi keeleks inglise keel.

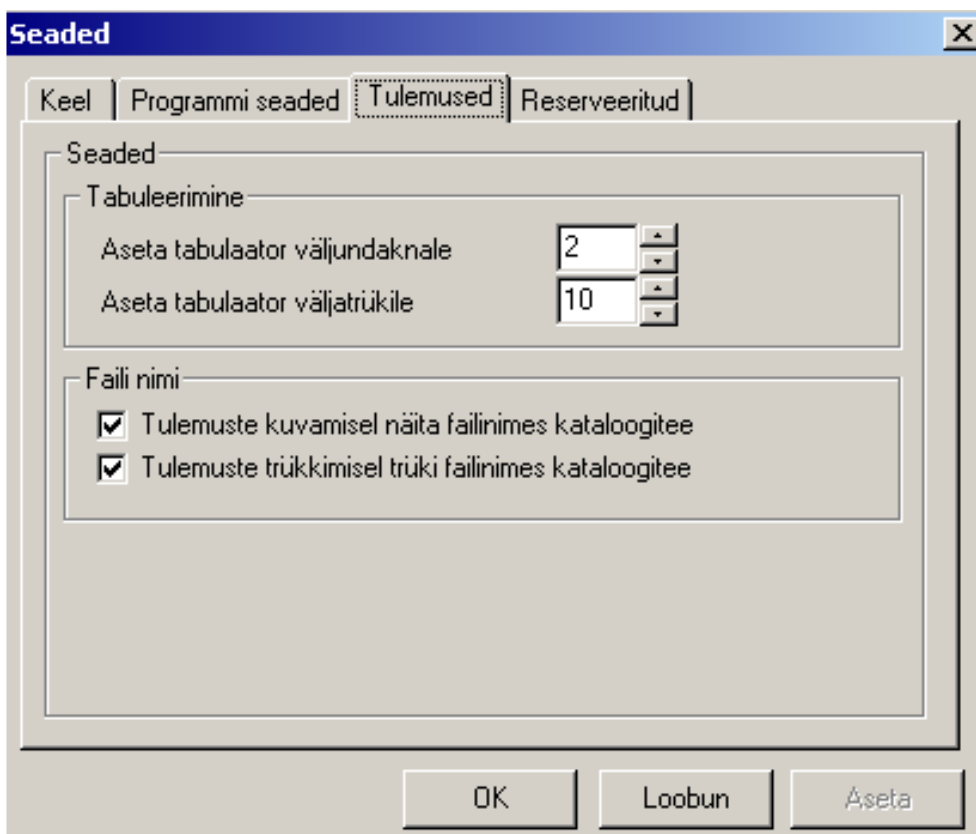


Joonis 1.3 Programmi keele seaded

Tabulaatori "Programmi seaded" valikud on esitatud joonisel 1.4.



Joonis 1.4 Programmi seaded



**Joonis 1.5** Tulemuste väljundi seaded.

Tabuleerimisel saab valida sobiva tabulaatori tulemuste kuvamise aknale (vaikimisi 2) ja väljatrükile (vaikimisi 10).

Pikkade kataloogiteede mitte esitamiseks väljundites tuleb valikukastike tühjendada.

## 1.2.4 Tulemused

Rippmenüüst „Tulemused“ toimub arvutuse käivitamine. Avatakse kaks uut akent. Ühes aknas esitatakse korruse arvutuse, vundamendi arvutuse või pilastriga sein arvutuse selgitavad skeemid. Teise aknasse kuvatakse arvutuse lähteandmed ja kandevõime määramisel vajalikud tulemused.



Arvutuste teostamine

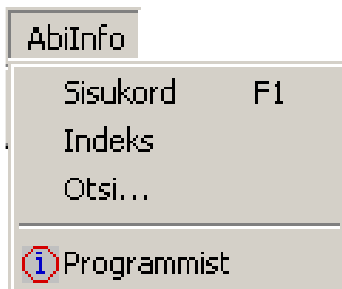
## 1.2.5 Aknad

Rippmenüü „Aknad“ toob ülesande täitmisel avatud akende nimestiku. Aktiivne aken on märgitud linnukesega. Hiire abil on võimalik aknaid liigutada ja nende suurust muuta.

## 1.2.6 Abi

Rippmenüüst „Abi“ on võimalik saada abiinformatsiooni programmi kasutamiseks.



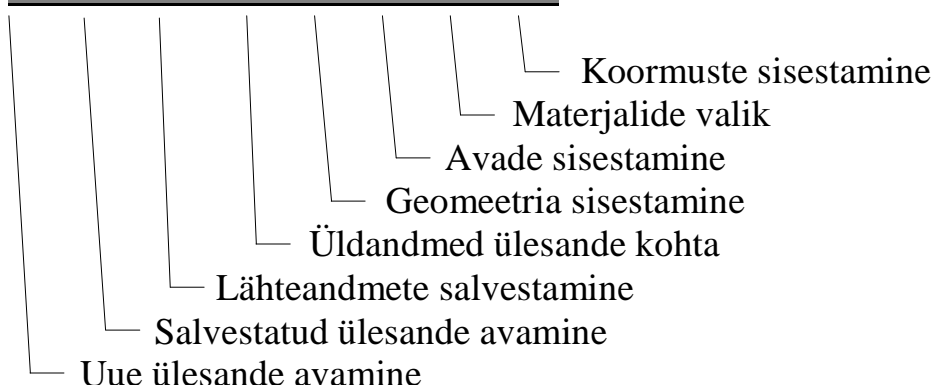


Sisukord  
Abiinfo indekseid kaupa  
Võimaldab otsida otsingusõna järgi

Lühiinfo programmi kohta

## 1.3 Nupumenüü korraldused

Nupumenüü dubleerib mõningaid rippmenüü korraldusi.



## 1.4 Lähteandmete sisestamine

Sisestatavate andmete koosseis sõltub valitud ülesande tüübist. Ülesande tüübi valiku aken on esitatud joonisel 1.2. Aken kuvatakse uue ülesande avamisel. Algandmete sisestus võiks toimuda punktis 1.2.2 toodud rippmenüü abil. Sisestuse järjekord võiks toimuda liikudes menüüs ülevalt alla.

Valik "Üldandmed" avab joonisel 1.6 esitatud akna.

Projekti nimetus	Test
Projekti number	01-2002
Projekti osa number	A
Klient	Tellija
Autor	Insener
Kommentaär	Individuaalelamu

Tühjenda väljad    Valin    Loobun

Joonis 1.6 Üldandmed ülesande kohta

## 1.4.1 Ülesande geometria sisestus

Fail - [D:\Test.cmc] - Geomeetria

Korruste arv: 3

Seinaosa pikkus [mm]: 4000 (avade telgede vahe või kaugus ava teljest jäigastava põikseinani)

Valin Loobun

Korruste geometria

Korrus	Korruse kõrgus h [mm]	Kõrguse vähendustegur $\rho$	Seina paksus t [mm]	Tegur K	Seina eksstsentrilisus alumise korruse suhtes		
					Väliskülg tasa	Keskel	Sisekülg tasa
1.	2700	1	240	1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.	2700	1	190	1	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.	2700	1	190	1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Joonis 1.7** Geomeetria üldandmete sisestusvorm seina arvutuse puhul

Seina geometria sisestamisel tuleb kõigepealt täita joonisel 1.7 kujutatud vormi lahtrid. Esimesena on soovitatav valida korruste arv, vaikumisi 1. Seejärel sisestada arvutatava seinosa pikkus. Peale korruste arvu valikut tekib korruste geometria alla vajalik hulk sisestusvälju. Siit tuleb sisestada korruse kõrgus, seina paksus korrusel. Korruse kõrguse vähendusteguri ja teguri K määramine toimub vastavalt juhendi teoreetilisele osale (väärtused on vaikumisi 1). Kui seina paksus alumisel korrusel on suurem ülemise korruse seina paksusest, siis on võimalik määrata ülemise korruse seina asendit alumise korruse seina suhtes (vaikumisi on väliskülg tasa). Seinte asendist põhjustatud lisaeksstsentrilisus võetakse arvutustes arvesse.

Fail - [D:\Test\_1.cmc] - Geomeetria

Seinaosa pikkus [mm]: 4000 (avade telgede vahe või kaugus ava teljest jäigastava põikseinani)

Korruste geometria

Korruse kõrgus h [mm]	Kõrguse vähendustegur $\rho$	Seina paksus t [mm]
2800	1	240

Pilastri andmed

Pilastri laius  $b_p$  [mm]: 400

Pilastri paksus  $t_p$  [mm]: 200

Pilastri kõrgus h [mm]: 2500

Pilastri telje kaugus seinosa vasakust servast [mm]: 1500

Tegur K pilastriga seina efektiivpaksuse määramiseks: 1

Arvutatav pilastriga sein asub hoone ülemisel korrusel

Pilastri ristlõige

Valin Loobun

**Joonis 1.8** Pilastri geometria sisestusaken

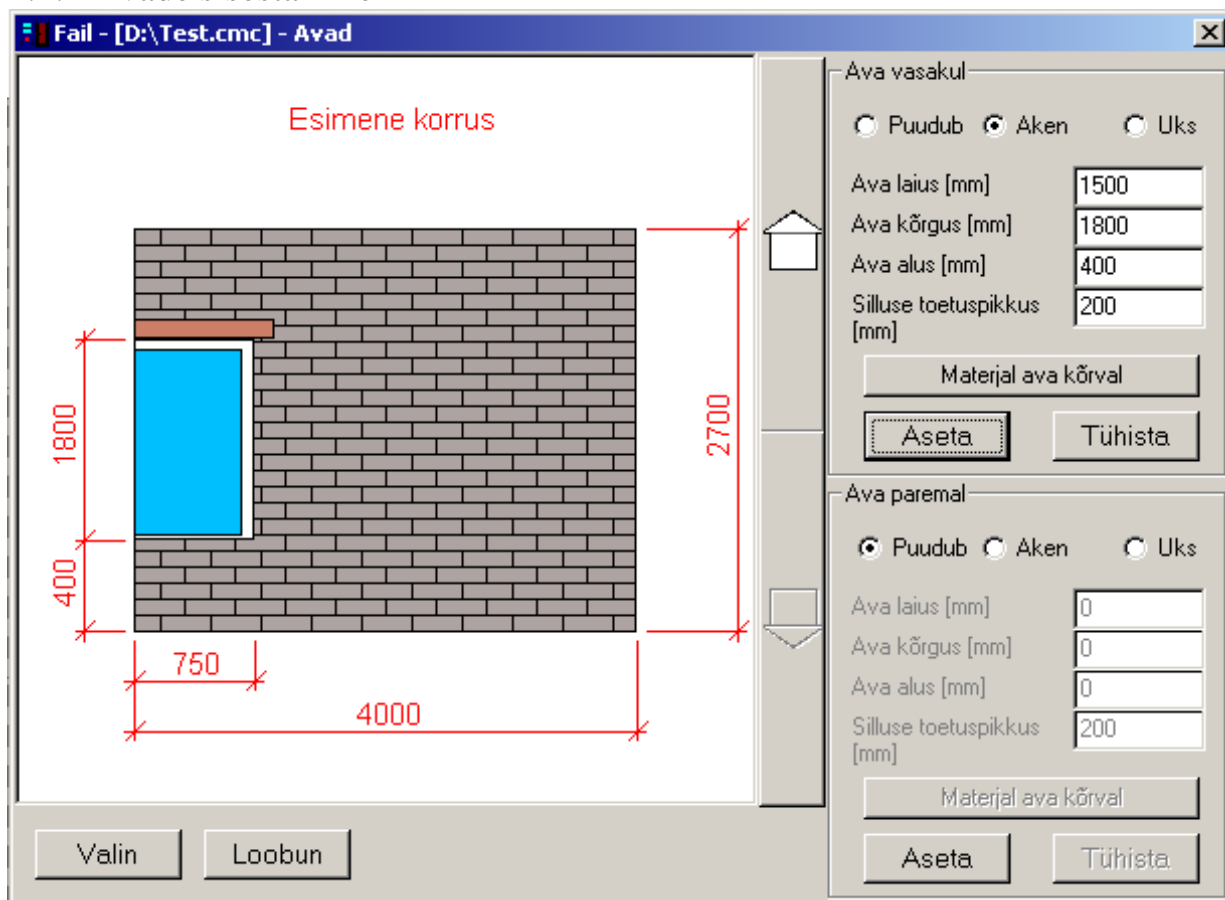
## Projekteerimisprogramm Columbiakivi sein arvutus

Pilastri geomeetria sisestusaken on esitatud joonisel 1.8. Andmete sisestus algab arvutatava seinosa sisestusest. Nagu sein geomeetria sisestamisel tuleb sisestada korruse kõrgus, sein paksus, korruse kõrguse vähendustegur. Lisaks tuleb sisestada pilastri laius, paksus ja kõrgus ning pilastri asend vaadeldava seinosa vasakust servast. Märgend kastikeses “Arvutatav pilastriga sein asub hoone ülemisel korrusel” määrab arvutustes arvestatava paindemomendi epüüri kuju tuulekoormusele.



Joonis 1.9 Keldri sein geomeetria sisestamine

### 1.4.2 Avade sisestamine



Joonis 1.10 Avade geomeetria sisestusvorm sein ja pilastriga sein puhul

Joonisel 1.10 esitatud avade sisestamise vormis tuleb esmalt valida sobiv korrus

(vormi avamisel "oleme" esimesel korrusel). Korruse valimiseks tuleb vajutada seest valgeks värvitud noolega nuppu seinosa skeemi paremas servas.

Järgnevalt tuleb valida sobiv ava ja selle mõõtmed. Avade sisestamise akna skeemile joonestatakse ava peale nupu "Aseta" vajutamist.

**Avadega sein materjal vaadeldaval korrusel tuleb valida vastava ava juurest. Avadega seinosa arvutamisel ei arvestata materjalidega, mis vastaval korrusel on valitud sein materjalide valiku aknast.** Seinosa tuleb täis betoneerida ava kõrval vastavalt materjali valikule arvutusliku laiuse ulatuses (vt [joonis 2.2](#)).

Pilastriga sein materjalide valik toimub sein materjalide valiku aknast.

### 1.4.3 Sein materjalide andmete sisestamine

Sein materjalide sisestamisel saab kasutaja valida õõnesplokkidest columbiakivide õõnte täitmise viisi vahel. Kui õõned on täidetud tuleb valida ka täitebetooni klass. Vastavalt teostatud valikutele arvutab programm tingkivi normaliseeritud tugevuse.

Kasutaja peab ise sisestama mördi keskmise survetugevuse. Kasutajal tuleb veel valida varuteguri  $\gamma_M$  väärtus. Programm teostab arvutused automaatselt peale kursori viimist teise sisestuslahtrisse või klahvi "Tab" ("Enter") vajutamist. Columbiakivi ploki ristlõike netopinna normaliseeritud survetugevus on programmis

$$f_{bn} = 18 \text{ MPa.}$$

Õõnesplokkide normaliseeritud survetugevus võetakse programmis vastavalt valitud ploki paksusele Columbia-Kivi plokkide tootekataloogist.

Sein materjalide valikuvorm on toodud joonisel 1.11.

	Esimene korrus	Teine korrus	Kolmas korrus
Valitud seinapaksus [mm]	240	190	190
Ploki normaliseeritud survetugevus [MPa]	9,18	9,54	9,54
Õõned seinas on täidetud	Ei ole	Kõik	Kõik
Valige täitebetooni klass	C12/15	C16/20	C12/15
Tingkivi normaliseeritud tugevus [MPa]	9,18	17,6	13,2
Mördi keskmine survetugevus [MPa]	5,0	5,0	5,0
<b>Müüritise tugevusnäitajad</b>			
$f_k$ [MPa]	3,21	5,55	4,54
$\gamma_M$	2,00	2,00	2,00
$f_d$ [MPa]	1,61	2,78	2,27

**Joonis 1.11** Materjalide valiku aken

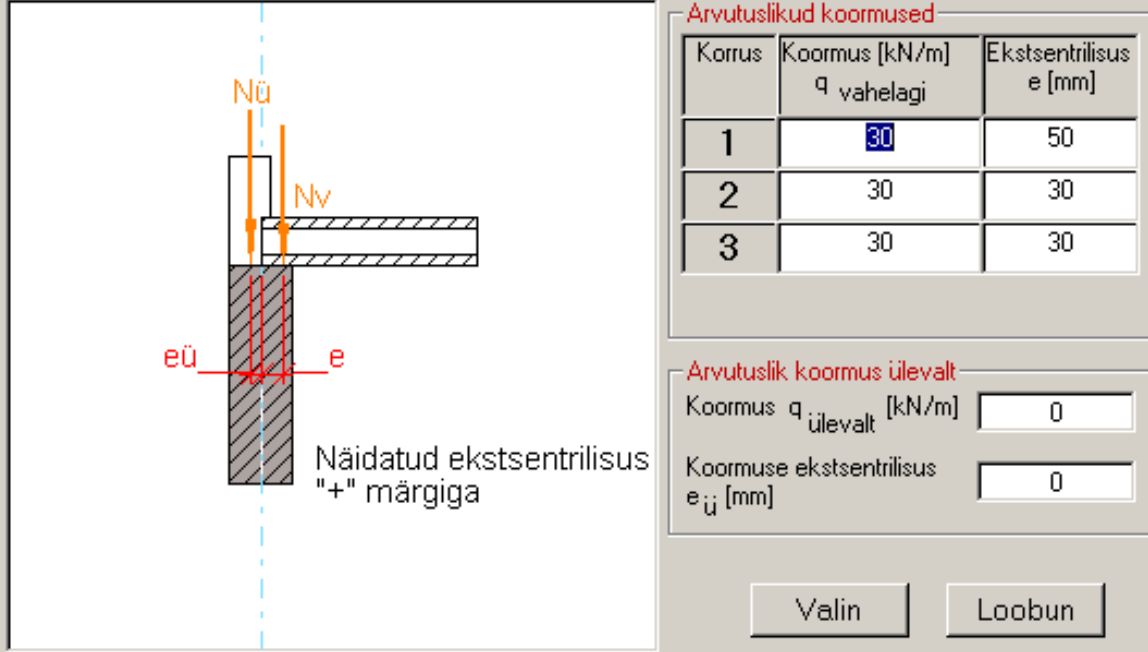
Igale korrusele on võimalik määrata erineva tugevusega materjal.

## Projekteerimisprogramm Columbiakivi seina arvutus

### 1.4.4 Koormuste sisestamine

Arvutatavale seinaosale mõjuvate koormuste sisestamine toimub samuti vastavate vormide abil. Vormid on iga ülesande tüübi puhul erinevad. Igal vormil asetseb ka andmete sisestamist selgitav joonis.

Koormuste sisestusvorm seina arvutuse puhul on toodud joonisel 1.12. Andmete sisestamine on võrdlemisi vaba. Lubamatud on negatiivsed väärtused koormuste väärtuste puhul.

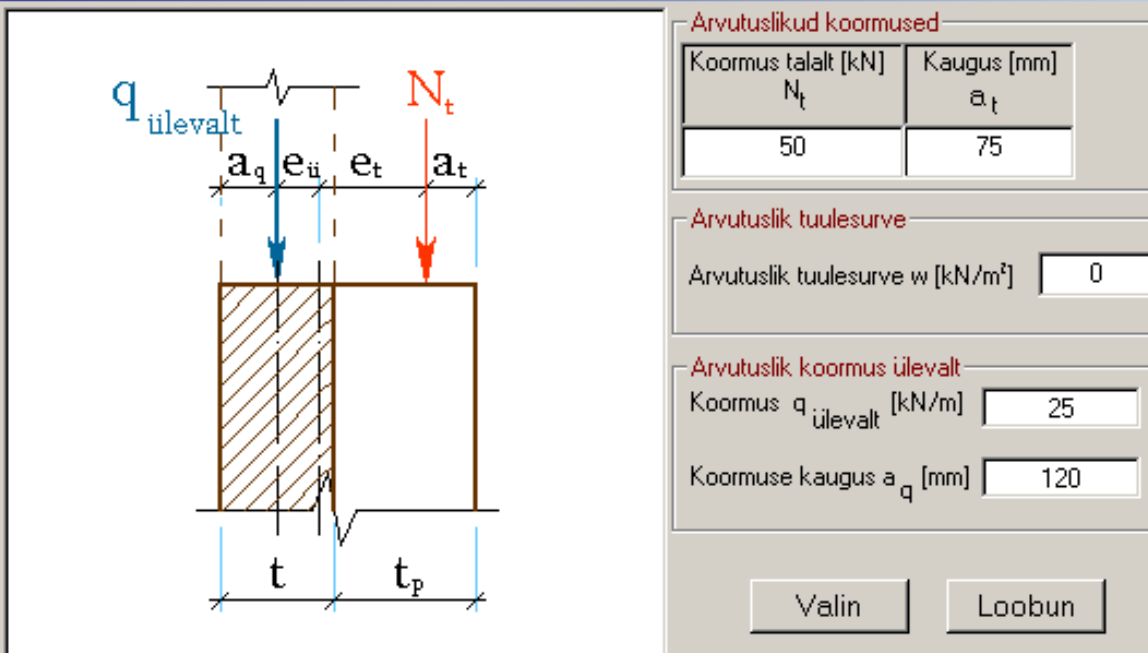


Korrus	Koormus [kN/m] q vahelagi	Ekstsentrilisus e [mm]
1	30	50
2	30	30
3	30	30

Arvutuslik koormus ülevalt  
Koormus  $q_{\text{ülevalt}}$  [kN/m]   
Koormuse ekstsentrilisus  $e_{\text{ü}}$  [mm]

Valin Loobun

Joonis 1.12 Seinale mõjuvate koormuste valiku aken



Koormus talalt [kN] $N_t$	Kaugus [mm] $a_t$
50	75

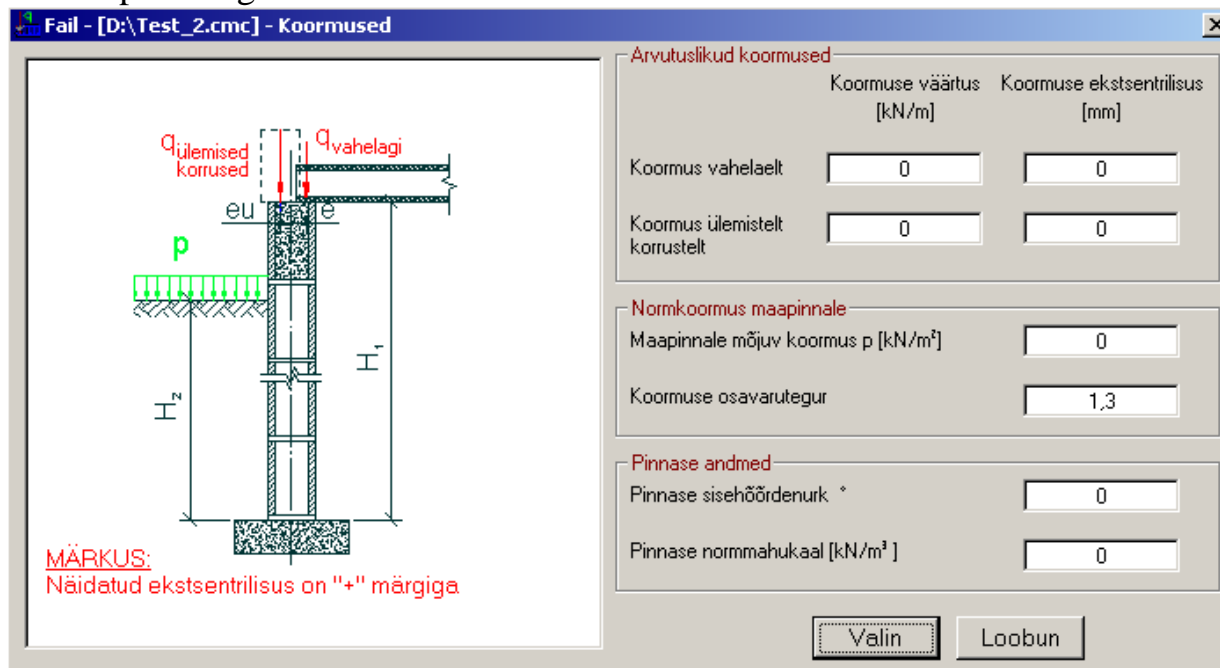
Arvutuslik tuulesurve  
Arvutuslik tuulesurve  $w$  [kN/m<sup>2</sup>]

Arvutuslik koormus ülevalt  
Koormus  $q_{\text{ülevalt}}$  [kN/m]   
Koormuse kaugus  $a_q$  [mm]

Valin Loobun

Joonis 1.13 Pilastriga seinale mõjuvate koormuste valiku aken

Pilastriga sein koormuste osas on võimalik sisestada ka seinaosale mõjuvat arvutuslikku tuulesurvet. Tuulesurve korrutatakse programmis pilastriga seinosa arvutusliku pikkusega.



**Joonis 1.14** Keldriseinale mõjuvate koormuste valiku aken

Andmete sisestamisel tuleb jälgida vormil asuvat selgitavat joonist.

Keldriseina arvutusel (vt. joonis 1.14) on kohustuslik sisestada pinnase normsisehõrdenurk ja pinnase normmahukaal. Nendel vaikimisi väärtuseid ei omistata. Programm kontrollib samuti ka seda, et need sisestatud väärtused jääksid mõistlikkuse piiridesse. Ülejäänud väärtuste sisestamine on vaba.

### 1.5 Arvutamine, lähteandmete ja tulemuste kuvamine

Arvutamiseks valige rippmenüüst “Tulemused”, edasi valida “Arvuta”. Arvutuste läbiviimine on võimalik vaid juhul kui lähteandmeid on sisestatud piisaval hulgal. Kõik lähteandmed ja arvutustulemused kuvatakse eraldi aknasse. “Arvuta” klikkimisel kuvatakse vasakule arvutust selgitav skeem (näiteks sein arvutuse puhul esitatakse kontrollitavad lõiked ühe korruse seinas).

Tulemuste/lähteandmete aknas antakse teave konstruktsiooni kandevõime kohta. Kui kandevõime pole tagatud tuleb, saab algandmeid muuta tulemuste akent sulgemata. Algandmete muutused kajastuvad automaatselt arvutustulemustes.

### 1.6 Failide avamine ja salvestamine

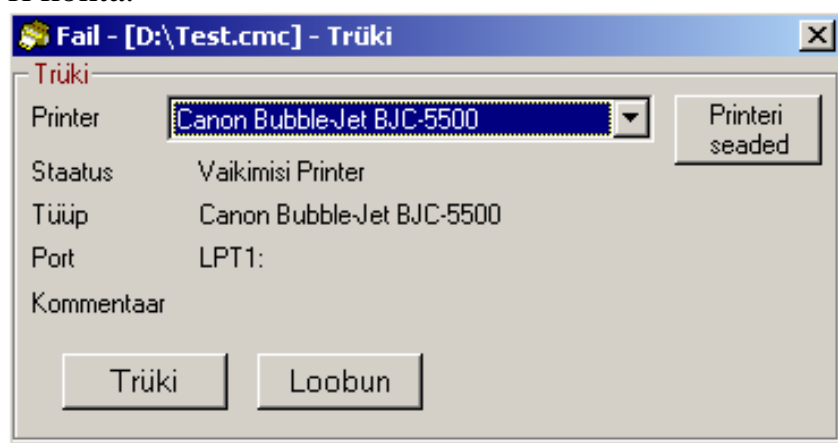
Failide (ülesannete) avamine ja salvestamine toimub rippmenüü “Failid” korralduste “Ava ülesanne”, “Salvesta” ja “Salvesta nimega” abil. Ülesande salvestamisel moodustatakse andmekandjale kasutaja poolt antud nimega .cmc laiendiga fail. Moodustuv fail ei ole redigeeritav tekstiredaktoritega. Failide avamine toimub Windowsi standardse vormi abil. Vorm faili salvestamiseks uue nimega on ana-

loogiline erinevus on vaid pealkirjades.

**Soovitus:** enne uue või olemasoleva ülesande avamist tuleks hetkel avatud ülesanne salvestada ja sulgeda.

### 1.7 Tulemuste väljatrükk

Tulemuste väljatrükk toimub rippmenüü "Failid" korralduse "Trüki" abil. Peale korralduse valimist väljastab programm ekraanile trükkimisvormi (joonis 1.15). Vormi ülaosas olevast avatavast nimekirjast saab kasutaja valida vajaliku printeri. Selle kõrval asuvast nupust "Printeri Seaded" on võimalik muuta lühendatud mahus printeri süsteemseid seadeid. Allpool tuuakse lühiinformatsioon valitud printeri kohta.



**Joonis 1.15** Tulemuste väljatrükk.

Tulemuste väljatrüki eelvaadet (Print Preview) programmi käesolev versioon ei võimalda. Samuti ei saa otseselt programmist välja trükkida ülesannete graafikat. Kui osutub vajalikuks trükkida välja ülesande graafiline kujutis, siis vajutage klaviatuurilt klahvile {PrintScrn}, käivitage *Windows*'i programm *Paint* (*Word*) ning valige selles menüüst "Edit" korraldus "Paste" või klaviatuurilt {Ctrl}+{V} ja kopeerige ekraani kujutis dokumenti.

Tulemuste väljatrüki puhul trükkib programm nii lähteandmed kui ka arvutus-tulemused. Soovitatav väljatrüki formaat on A4 (*Portrait*).

### 1.8 Programmi töö juhtimine. Klaviatuuri käsud

Kogu programmi töö juhtimine hiire abil on lihtne ja mugav ning täiendavat selgitust ilmselt ei vaja.

Klaviatuurilt aktiveerib rippmenüü klahv {Alt}, juhtimiseks nooleklahvid ning valikuks {Enter}. Kehtivad samuti menüü reas paremal kuvatav lühivalikukorraldus {Ctrl}+{mingi täht} ning {Alt}+{allajoonitud täht}.

Vormides väljade vahel liikumiseks kasutage {TAB} klahvi. Avanevad nimekirjad avab klahvikombinatsioon {Alt}+{Down} või {Up}, nimekirjas liikumiseks kasutage nooleklahve, valimiseks {Enter}. Märkekastikeste märkimiseks vajutage {Space}. Nuppudele vajutamiseks {Enter}. Sein ekstsentrilisuse alumise korruse suhtes muutmiseks kasutage nooleklahve. Vormidesse sisestatud andmed aktiveerib alati klahv „Valin“, klahv „Loobun“ tühistab sisestatud andmetes tehtud muudatused ja sulgeb vormi.

## 2 Töö programmiga

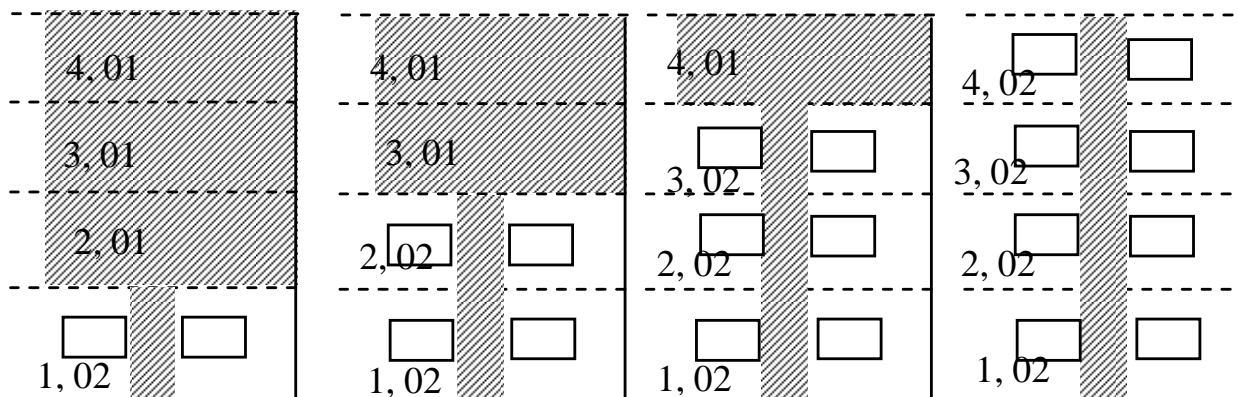
### 2.1 Sissejuhatus

Käesolev programm on koostatud columbiakiviplokkidest müüritise arvutamiseks. Arvutuste aluseks on *Eesti projekteerimismid EPN – ENV 6.1.1 (eelno)* (*Eurocode 6*).

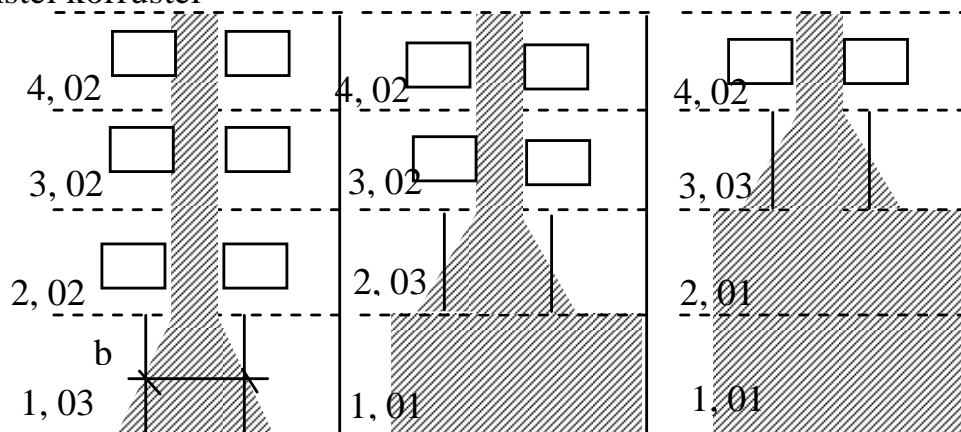
Programm on mõeldud korrushoone seinte arvutamiseks, programmis vaadeldakse maksimaalselt neljakorruselist hoonet.

Põhilised arvutuskombinatsioonid on järgmised:

akenderivi alumistel korrustel -



akenderivi ülemistel korrustel -



**Joonis 2.1** Arvutusskeemid (korrus, variant)

Vahepealseid situatsioone programm ei arvuta. Vajadusel tuleks lõigata hoone horisontaalselt eraldi osadeks, arvutada läbi ülemine osa ja siis alumine osa, kusjuures koormused ülevalt on ülemise osa koormused tema alumises lõikes.

Arvutustes eeldatakse, et kooruse lagi on liikumatu, arvutatav sein on seotud vahe-laega nn pehme šarniiriga. Seina kinnitust sõlmes hinnatakse seina arvutusliku kõrguse  $h_{ef}$  määramisega (vt EPN – ENV 6.1.1 j. 4.4.4) teguri  $\rho$  abil seina geometria sisestamisel programmis.

Põhimõtteliselt võib arvutada ka vabaltseisva seina kandevõimet teguri  $\rho$  vastava väärtuse sisestamisega. Seina saledust on võimalik muuta teguri  $k$  sisestamisega seina efektiivpaksuse  $t_{ef} = kt$  ( $k = 1,0 \dots 2,0$ , näiteks mitmekihilised seinad jne.) kaudu. Mitmekihilise seina puhul (vt EPN – ENV 6.1.1 j. 4.4.5) arvutus(efektiiv)-



paksus  $t_{ef} = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3}$ . Pilastriga sein puhul antakse  $k$  väärtus ainult roometeguri täpsustamiseks. Teguri  $k$  suuruse määrab projekteerija, vt. ka [joonis 2.11](#)).

Tugevusarvutuses lähtutakse eeldusest, et kõikides kontrollitavates ristlõigetel on tegemist ekstsentrilise survega.

Arvutuse üldkuju on järgmine

$$N \leq \chi_{i(m)} f A_c, \quad (1)$$

kus

- $\chi_{i(m)}$  - kandevõimet vähendav tegur,
- $f$  - müüritise arvutuslik tugevus,
- $A_c$  - ristlõike surutud osa pindala.

Kandevõimet vähendav tegur  $\chi_{i(m)}$  arvutatakse vastavalt EPN – ENV 6.1.1 j. 4.4.3, arvutustes vaadeldakse sein kõrguses ülemist (akna ristlõikes) ja keskmist tsooni. Programm on koostatud tsiviilhoone projekteerimiseks. Erijuhtudel (võimlad, kõrge korrused akende asetusega madalal jne.) tekivad arvutustes ebatäpsused, kui avad seinas ei sattu kõrguslikult samasse alasse, kui tavalises korrusmajas (ava keskkoht keskmise viiendiku [tsooni](#) korruse kõrguses ja ava ülemine äär ülemisse tsooni, vt [joonis 2.3](#)). Arvutustulemus on tagavara kasuks, kui suurendada ava kõrgus ülemise arvutustsoonini.

Nõtke arvutuse aluseks on sein või posti saleduse  $\lambda = h_{ef}/i$  või  $\lambda = h_{ef}/t_{ef}$  määramine  $h_{ef}$  abil vastavalt (EPN – ENV 6.1.1 j.4.4.4.3).

Müüritise survetugevus määratakse kivide normaliseeritud survetugevuse  $f_b$  (EPN – ENV 6.1.1 j.3.1.2) ja mördi keskmise tugevuse  $f_m$  (EPN – ENV 6.1.1 j. 3.2.2) alusel vastavalt EPN – ENV 6.1.1 j. 3.6.2.

$f_b$  väärtuse võtab programm columbiakivi sertifikaadist,  $f_m$  määrab projekteerija mördi klassi abil ja sisestab arvutusprogrammi klassi tähisega.

Vastavalt CEN (*Comite' Europeen De Normalisation*) eelstandardile prEN 771-3 (*Specification for masonry units - Part 3: Aggregate concrete masonry units*) määratakse kivide tugevus keskmise tugevusena  $R_m$  standardi EN 772-1 (*Methods of test for masonry units - Part 1: Determination of compressive strength*) järgi õhkuivas olekus, mis teisendatakse normaliseeritud tugevuseks  $f_b$  teguri  $\delta$  abil,  $f_b = \delta R_m$ . Teguri  $\delta$  arvestab kivi tegelike mõõtmete erinevust standardkivi mõõtmetest (100×100×100 mm). Programm on koostatud õnesplokkidest seinte arvutamiseks, kus  $\delta$  võetakse võrdseks 1-ga.

Müüritise normsurvetugevus määratakse avaldisega

$$f_k = K f_b^{0,70} f_m^{0,30} \text{ ja}$$

arvutustugevus avaldisega

$$f = f_k / \gamma_M.$$

Materjali osavaruteguri  $\gamma_M$  väärtus sõltub paljudest asjaoludest (kivide klass, ehitise klass jne), programmis on vaikimisi valitud  $\gamma_m = 2,0$ . Projekteerija võib seda väärtust muuta kokkuleppel tellijaga.

Arvutustulemused antakse kujul

$$N_{1-1} = \dots \text{ ja } N_{Rd,1-1} = \dots \text{ ülemises lõikes (vt } \text{joonis 2.2, silluse all) ja}$$

$$N_{2-2} = \dots \text{ ja } N_{Rd,2-2} = \dots \text{ keskmises lõikes ning kommenteeritakse } \textit{Kandevõime}$$

on tagatud või Kandevõime ei ole tagatud märkusega.

Mördid klassifitseeritakse ja määratakse vastavalt standardile prEN 998-2 (*Specification for mortar for masonry - Part 2: Masonry mortar*). Mört tähistatakse klas-  
siga M ja arvuga, mis näitab mördi tugevust.

Mördi klassid

Klass	M1	M2,5	M5	M10	M15	M20
Survetugevus $f_m$ MPa	1	2,5	5	10	15	20

Müüritise tugevust kontrollitakse ava kõrval silluse toereaktsioonile ja [arvutuslikule laiuusele](#) (vt ka [joonis 2.2](#)) langevale ülevalt tulevale koormusele, vas-  
tava kontrolli teade väljastatakse.

Seina vabas osas silluste vahelises tsoonis, mis ei ole koormatud silluste toereakt-  
sioonidega on tugevus *apriori* tagatud, kui ta on tagatud silluste otste all ja müüri-  
tis on sama, kui silluste otste all arvutuslikus laiuuses. Võimalik on müüritise õõnte  
täitmine avadevahelises osas erinevalt avade kõrval ja arvutuslikust laiuusest välja-  
jäävas osas, siis tuleks seda vahepealset osa kontrollida eraldi avadeta seinana (vt  
ka õõnte [täitmine](#)).

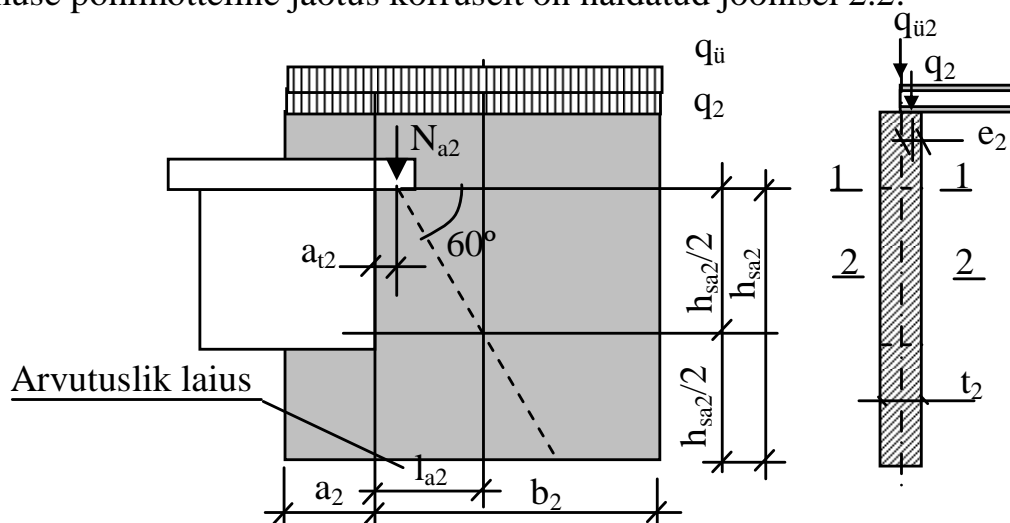
## 2.2 Sein arvutus

### 2.2.1 Geomeetria

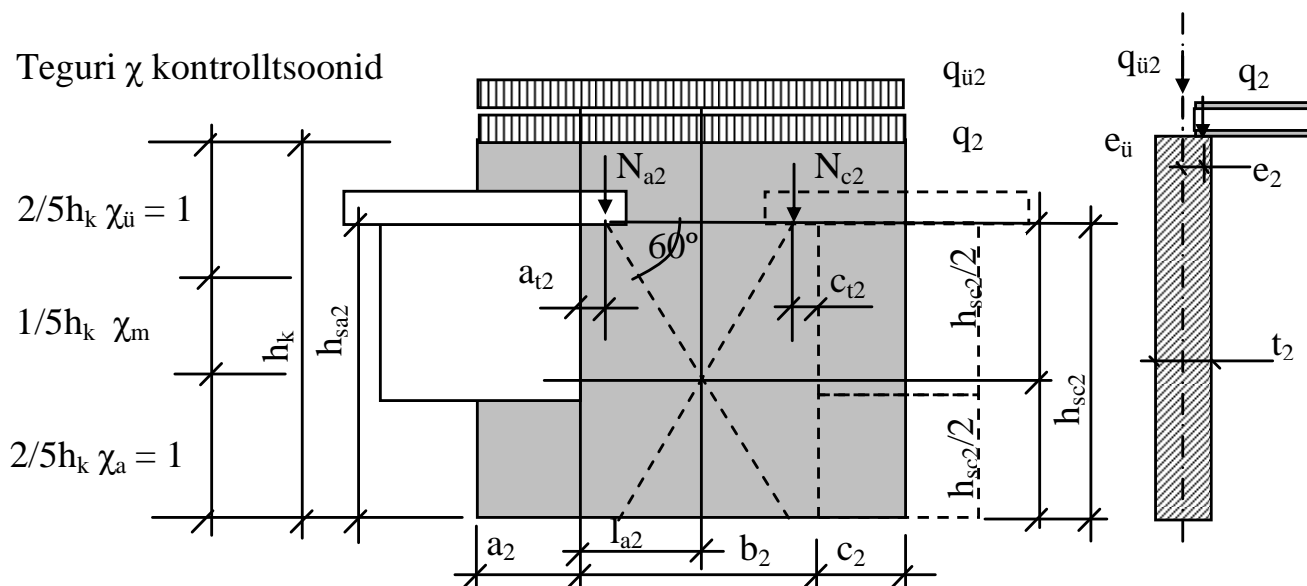
Seina geomeetria sisestatakse programmi korruste kaupa. Arvutuses on kaks kont-  
septsiooni – avadeta sein arvutamisel vaadeldakse 1 m laiust seiniosa, avadega  
seina puhul on võimalik terve rida variante.

Avadega sein puhul vaadeldakse arvutusliku seinasana seinalõiku vasakpoolsete  
avade keskjoonest parempoolsete avade keskjooneni. Eeldatakse, et korrustel on  
kõik avad enamvähem sama suured ja sillused on samal joonel. Avad võivad kor-  
rusel olla või puududa vastavalt skeemile joonisel [2.1](#). Arvutuslikult on ukseava  
samane aknaavaga. Hoone nurka kontrollitakse seinasaga, kus ühes servas on ava  
keskjoon ja teiseks servaks on hoone nurgajoon.

Koormuse põhimõtteline jaotus korruselt on näidatud joonisel 2.2.



**Joonis 2.2** Koormuse jaotus seinas II korrusel, arvutuslikud lõiked



**Joonis 2.3** Koormuse jaotuse variant II korrusel

Keskmisses tsoonis määratakse  $\chi_m$  avaldisega

$$\chi_m = e^{-\frac{u^2}{2}}, \text{ kus } e \text{ — naturaallogaritmi alus ja } u = \frac{\lambda_i - 7}{16 + 64 \frac{A_c}{A}}.$$

Vastaval EPN – ENV 6.1.1 j. 4.4.8 vaadeldakse arvutusliku ribana avaäärset seinosa laiusel  $l_{a_i}$ . Suurus  $a_{t_2}$  on võrdne  $1/3$  silluse toetuspikkusest.

Arvutuslikud parameetrid

$$l_{a_1} = a_{t_1} + h_{sa1}/2 \times \tan 30^\circ,$$

$$l_{a_2} = a_{t_2} + h_{sa2}/2 \times \tan 30^\circ,$$

$$l_{c_1} = c_{t_1} + h_{sc1}/2 \times \tan 30^\circ.$$

Seina paksus korrustel võib olla erinev, eeldatakse, et paksus väheneb ülespoole.

### 2.2.2 Materjalid

Materjalideks on :

columbiakivist õõnesplokid ja mört.

Columbiakivi valitakse AS Columbia-Kivi tootekataloogi alusel, kividele vastav normaliseeritud survetugevus  $f_b$  saadakse tootekataloogist. Mördi valib projekterija mördimargi alusel.

Õõnesplokide puhul on võimalik kasutada tühjade õõntega plokkide või täita õõned betooniga. On ka võimalik kombinatsioon täidetud ja tühjadest õõntest mingil müüri määratud pikkusel või alal.

Täitebetooni kasutamiseks tuleb valida täitebetooni klass -

täitebetoon	(valik)	$f_{ck}$	C 12/15	vaikimisi
			C 16/20	
			C 20/25	
			C 25/30.	

Müüritise tugevuse määramiseks võetakse arvutuse aluseks vastavas alas alasse sattuvate kivide keskmine tugevus (tühjade õõntega ja betooniga täidetud kivid). Arvutus tehakse nn tingkivi tugevusega.

Tingkivi normaliseeritud survetugevuse arvutamine.

Kõigepealt taandatakse täitebetooni normatiivne tugevus  $f_{ck,cube}$  (kuup 150×150×150 mm) keskmiseks tugevuseks  $f_{cm} = 1,1 \times (f_{ck,cube} + 6)$ , (taandatud 100×100×100 kuubile, pluss keskmise ja normatiivse tugevuse ligikaudne vahe 6 MPa).

Ploki materjali tugevus columbiakivil  $f_{b,neto} = 18 \text{ MPa}$ .

Võrreldakse, kui  $f_{cm} \leq 18$ , siis  $f_{b,neto} = f_{cm}$ ,

muul juhul  $f_{b,neto} = 18 \text{ MPa}$ .

Tingkivi tugevuse arvutus.

Arvutusvalem  $f_{bt} = (nf_b + f_{b,neto}) / (n+1)$ ,

õõned täitmata  $f_{bt} = f_b$ ,

üks õõnsus täidetud üle nelja õõne  $n = 4$ ,

üks õõnsus täidetud üle kolme õõne  $n = 3$ ,

üks õõnsus täidetud üle kahe õõne  $n = 2$ ,

üks õõnsus täidetud üle ühe õõne  $n = 1$ ,

kõik õõned täidetud  $n = 0$ ,

plokk (kaks õõnt) täidetud üle ühe ploki  $n = 1$ ,

plokk (kaks õõnt) täidetud üle kahe ploki  $n = 2$ .

Õõned seinas on täidetud (ava puhul alates ava servast)

(valik)	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Ei ole</span>	vaikimisi;
	Kõik	$n = 0$ ;
	Üle ühe	$n = 1$ ;
	Üle kahe	$n = 2$ (üle ühe ploki);
	Üle kolme	$n = 3$ ;
	Üle nelja	$n = 4$ (üle kahe ploki).

Müürituse tugevuse arvutamisel asendatakse tugevus  $f_b$  tugevusega  $f_{bt}$ . Avade puhul valitakse plokkide täitmise skeem iga ava kõrvale eraldi, üldskeem kehtib ainult avadeta seinä arvutamisel.

Plokiõõnte täitmise skeemi määrab projekteerija. Arvutustulemusena väljastatakse muude tulemuste kõrval ka “seinaosa [arvutuslik laius](#)”. Juhul, kui avadevaheline seinäosa (post) on laiem, kui arvutuslik laius (või kahekordne laius), siis võib selles vahepealses osas plokid jätta betooniga täitmata või täita teise skeemi järgi. Seda avadevahelist seinäosa kontrollitakse sel juhul eraldi avadeta seinä arvutusega.

### 2.2.3 Koormused

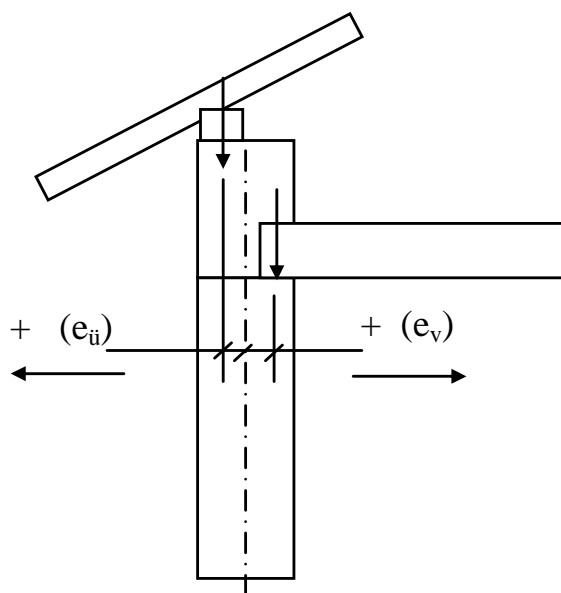
Koormused arvutab välja projekteerija jm. koormusena seinale. Koormus arvutatakse igalt vahelaelt. Koormuse ekstsentrilisuse määrab projekteerija pärast vasta-va toetussõlme konstrueerimist. Lähtutakse alloleva seinä keskjoonest. Kõige kõr-

## Projekteerimisprogramm Columbiakivi sein arvutus

gema korruse puhul eeldatakse, et sein on koormatud katusekorruse koormusega  $q_{\ddot{u}i}$ , mille ekstsentrilisuse määrab projekteerija ( $e_{\ddot{u}i}$ ). Ekstsentrilisused määratakse vastavate märkidega joonise nr.

2.4 alusel.

Allpoolsetele korrustele loetakse ülevalt tulev koormus selle seinale (koormava) tsentris olevaks. Seda kontrollib programm. Tuulekoormust ei vaadelda, kuna keskmises ja aknalõikes tuulekoormusemoment vähendab momenti vahelaest (on tagavara kasuks). Korrusmajas on tuulekoormuse kohalik mõju seinale väike. Kõrge seinale puhul tuleks kasutada [pilastriga](#) seinarvutust, kus arvestatakse ka tuulekoormusega.



Joonis 2.4 Koormuste ekstsentrilisus

### 2.2.4 Arvutused

#### Tugevuskontroll

$$N \leq \chi_{i(m)} f A_c.$$

$\chi$  määratakse vastavalt [joonisele nr 2.3](#).

Survetsooni pind ristkülikulisel ristlõikel on

$$A_c = \left(1 - 2 \frac{e_{mk}}{t}\right) A \text{ ja}$$

$$e_{mk} = e_m + e_k,$$

kus

$$e_m = M/N + e_a.$$

$e_a$  - juhuslik ekstsentrilisus,  $e_a = \rho h_k / 300$ . See väärtus lisatakse programmi poolt ekstsentrilisusele;

$e_k$  - roomest tekkiv ekstsentrilisus,

$$e_k = 0,002 \Phi_\infty \frac{\rho h_k}{t} \sqrt{t e_{mk}}.$$

columbiakivile  $\Phi_\infty \approx 1,5$ .

Kontrollitakse seinale saledust  $\lambda_h = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq 27$ .

Järgnevalt esitatakse mõned arvutusvariantide skeemid.

[Variant 2,01](#), sein ilma avadeta ([2. korrus](#)).

Arvutuslik ristlõige on  $A = b \times t_2$ ,  $b = 1$ ,

Koormus on  $(q_{\ddot{u}2} + q_2) \times b$ ,

$$N_2 = (q_{\ddot{u}2} + q_2) \times b,$$

koormuse  $q_{\ddot{u}2}$  ekstsentrilisus on null, kui ei ole tegu viimase korrusega, muul juhul, kui  $t_3 < t_2$ , siis  $e_{\ddot{u}2} = (t_2 - t_3)/2$ , kui sein välispind on tasane, kui sein sisepind on tasane, siis  $e_{\ddot{u}2} = -(t_2 - t_3)/2$  (tingimuseks on, et  $t_2 \geq t_3$ );

$$M_2 = (q_2 e_2 - q_{\ddot{u}2} e_{\ddot{u}2}) \times b;$$

$$e_{mk} = M_2/N_2 + e_{a2} + e_k.$$

[Variant 2,02 \(2. korrus\)](#), avad mõlemal pool vaheposti.

Arvutuslik kombinatsioon on

$N_2$  ja  $M_2$

$$b_2 \leq l_{a2} + l_{c2}$$

Arvutuslik ristlõige on  $A = b \times t_2$ ,  $b = b_2$

Koormused on  $N_{a2}$ ,  $N_{c2}$  ja  $(q_{\ddot{u}2} + q_2)b$ ,

koormus ülevalt

$$N_2 = N_{a2} + N_{c2} + (q_{\ddot{u}2} + q_2)b.$$

Koormuse  $q_2$  ekstsentrilisus on  $e_2$ ,

koormuse  $q_{\ddot{u}2}$  ekstsentrilisus on null, kui ei ole tegu viimase korrusega, muul juhul, kui  $t_3 < t_2$ , siis  $e_{\ddot{u}2} = (t_2 - t_3)/2$ , kui sein välispind on tasane, kui sein sisepind on tasane, siis  $e_{\ddot{u}2} = -(t_2 - t_3)/2$  (tingimuseks on, et  $t_2 \geq t_3$ );

Moment üleval on

$$M_2 = (q_2 e_2 - q_{\ddot{u}2} e_{\ddot{u}2}) \times (a_2 + b + c_2);$$

$$b_2 > (l_{a2} + l_{c2}),$$

I kontroll, arvutuslik ristlõige on  $A = b \times t_2$ ,  $b = l_{a2}$  ja

koormus on  $N_{a2}$ , ja  $(q_{\ddot{u}2} + q_2)b$ .

II kontroll, arvutuslik ristlõige on  $A = b \times t_2$ ,  $b = l_{c2}$ .

[Variant 2,03 \(2. korrus\)](#), avadeta sein, mille kohal on avadega sein.

Arvutuslik kombinatsioon on

$N_2$  ja  $M_2$ .

Arvutuslik ristlõige on  $A = b \times t_2$ ,  $b = b_2$ .

Arvutuslik laius määratakse järgmiselt –

$$b_2 = b_3 + 2h_{k2} \tan 30^\circ.$$

Vastavalt variandile 2,02 on  $b_3$  väärtuseks kas  $b_3$ ,  $l_{a3}$  või  $l_{c3}$  koos igale laiusele vastava koormusega  $N_3$ .

Koormuseks  $N_2$  on koormus  $N_3 + q_2 b_2$  + sein omakaal arvutusliku ristlõikeeni.

Koormus vaadeldavast korrusest allapoole  $q_{\ddot{u}1}$  võetakse variandi 2,01 järgi.

Moment üleval on

$$M_2 = (q_2 e_2 - q_{\ddot{u}2} e_{\ddot{u}2}) \times (a_2 + b + c_2).$$

Peale arvutusvariandi määramist kontrollib programm ristlõike tugevust vastavalt [avaldisele \(1\)](#). Arvutusi alustatakse kõige kõrgemalt korrusest.

### 2.3 Keldriseina arvutus

#### 2.3.1 Geomeetria

Keldriseina arvutamisel ei arvestata akendega keldriseinas, arvutustes vaadeldakse 1m laiust seiniosa. Keldriakende puhul tuleks kasutada mullasurve vastuvõtuks spetsiaalset aknakastikonstruktsiooni, mis kannab mullasurve aknakohalt akna kõrvale seinale. Lisasurvet seinale tuleks kontrollida eraldi arvutusega.

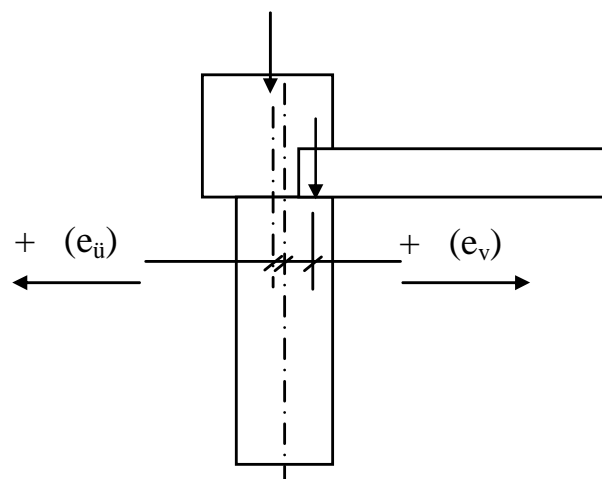
### 2.3.2 Materjalid

Materjalideks on :  
columbiakivid ja mört.

Columbiakivid valitakse AS Columbia-Kivi tootekataloogi alusel. Mördi valib projekterija mördimargi alusel. [Õõnte](#) täitmine ja betooni valik toimub eelmise peatüki alusel.

### 2.3.3 Koormused

Koormused arvutab välja projekterija jm. koormusena seinale. Võib kasutada hoone seinarvutuse tulemusena saadud sisejõu väärtust  $N_{2-2}$ , mis on leitud vastavale arvutuslikule seinaribale. Selline arvutus on üldiselt tagavara kasuks, kuna keldriseina koormuseks jaotub see koormus laiemale alale vastavalt seinakuju (vt [joonis 2.2](#)). Arvutatakse välja koormus keldrilaele. Koormuste ekstsentrilisuse määrab projekterija pärast vastava toetusõlme konstrueerimist. Lähtutakse alloleva seinakujust. Ekstsentrilisused määratakse vastavate märkidega.



**Joonis 2.5** Ekstsentrilisused

Lähtutakse alloleva seinakujust. Ekstsentrilisused määratakse vastavate märkidega.

Täiendavaks koormuseks keldriseinale on mullasurve, mis määratakse pinna-semehaamika vastava avaldise abil.

Eeldatakse, et keldriseina tagasitüide tehakse liivpinnastega.

Vajalikud arvutusparameetrid on:

- $p_n$  - maapinnale mõjuv normkoormus  $\text{kN/m}^2$ ;
- $\gamma_F$  - sama koormuse osavarutegur;
- $\gamma_{pn}$  - pinnase normmahuks  $\text{kN/m}^3$ ;
- $\gamma_m$  - pinnase mahukaalu osavarutegur;
- $\varphi_n$  - pinnase normsisehõordenurk kraadides;
- $\gamma_{m\varphi}$  - pinnase sisehõordenurga osavarutegur.

Koormused ja materjali omadused antakse järgnevate avaldiste alusel

$$p = \gamma_F p_n (\gamma_p, \varphi) \text{ ja } X = \frac{X_n}{\gamma_m}.$$

Soovitavad osavarutegurite väärtused:

$$\gamma_F = 1,30 \text{ (EPN – ENV 7.1 tabel 2.1),}$$

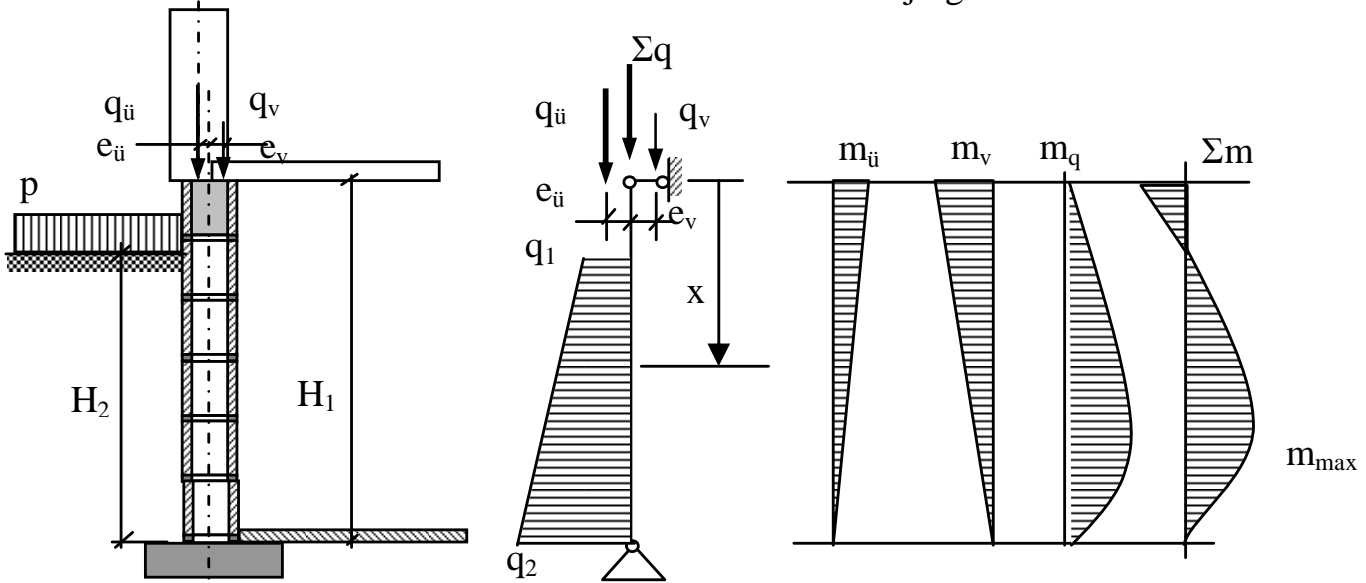
$$\gamma_m = 0,90, \text{ pinnase loodusliku tiheduse juures (EPN – ENV 7.1 j. 2.4.2 ja 2.4.3 p (8)),}$$

$$\gamma_{m\varphi} = 1,25 \text{ (EPN – ENV 7.1 tabel 2.2), rakendatakse suurusele } \tan \varphi.$$

Kaks viimast varuteguri väärtust on programmis vaikimisi rakendatud.

### 2.3.4 Arvutused

Arvutused tehakse keldriseina vertikaalsele ühikribale järgmise skeemi alusel.



**Joonis 2.6** Keldriseina arvutusskeem

Pinnasesurve keldriseinale arvutatakse avaldisega

$$q_1 = \gamma_F \gamma_p H_{red} \tan^2(45^\circ - \varphi/2) \text{ ja}$$

$$q_2 = \gamma_p (\gamma_F H_{red} + H_2) \tan^2(45^\circ - \varphi/2).$$

Vertikaalkoormus ühikribale

$$\Sigma q = q_{ii} + q_v,$$

kus

$q_{ii}$  - ülevalt seinast tulev koormus (kN/m),

$q_v$  - korruse vahelaelt tulev koormus (kN/m).

Arvutuslik vertikaalsuunaline moment seinas pinnase survest

$$m_{qV(x)} = \frac{1}{6} \left\{ \frac{H_2^2}{H_1} (2q_1 + q_2)x - \left[ 3q_1 + (q_2 - q_1) \frac{x - H_1 + H_2}{H_2} \right] (x - H_1 + H_2)^2 \right\}.$$

Maksimaalse momendi asukoht pinnasesurvest määratakse tingimusest

$$\frac{dm_{qV(x)}}{dx} = 0.$$

Summaarne moment

$$m_{V(x)} = m_{qV(x)} + m_{ii}(x) - m_v(x), \text{ kus}$$

$m_{qV(x)}$  - moment pinnasesurvest seinale,

$$m_{ii}(x) = q_{ii} e_{ii} \frac{H_1 - x}{H_1} \quad \text{- moment ülevalt tulevast koormusest (seinast),}$$

$$m_v(x) = q_v e_v \frac{H_1 - x}{H_1} \quad \text{- moment korruse vahelaest,}$$

kus



## Projekteerimisprogramm Columbiakivi sein arvutus

$q_{\dot{u}}$  - sein koormus ülevalt ühikribale,  
 $q_v$  - vahelae koormus korruselt ühikribale,  
 $e_{\dot{u}}, e_v$  - vastavad ekstsentrilisused (skeemil näidatud situatsioonis on mõlemad ekstsentrilisused positiivsed).

Tugevust kontrollitakse lõikes

- $x = 0$ ,
- $x = 3H_1/5$  (sein keskmise tsooni ülemisel piiril),
- $x$  määratakse pinnasesurve maksimumkoha järgi.

Tugevuskontroll vertikaalribale

$$q \leq q_{Rd} = \frac{\chi_m A_c f_k}{\gamma_M} \text{ (kN/m)}.$$

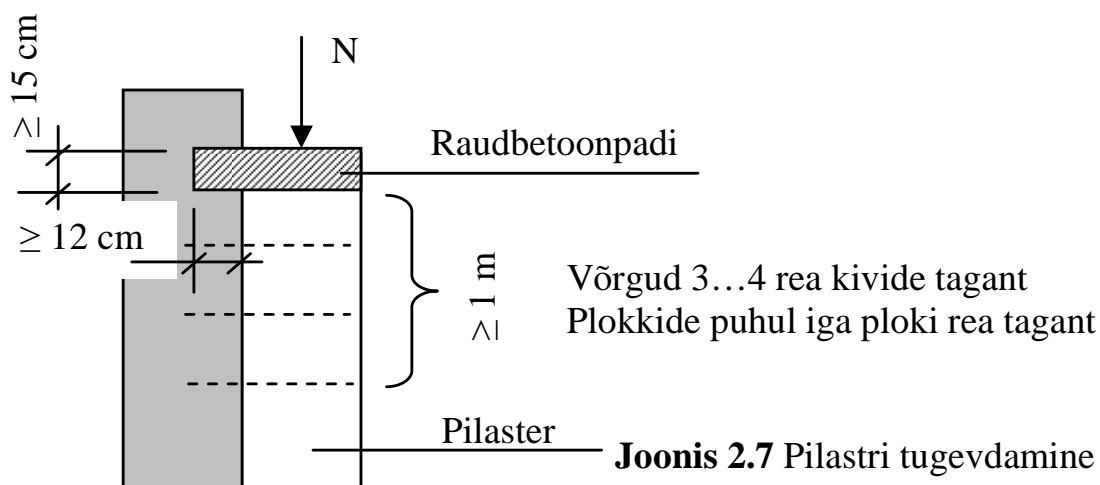
Avade puhul keldriseinas tuleks arvutuskeemi täpsustada avasid kaitsva konstruktsiooni töötamisskeemi arvestamisega.

### 2.4 Pilastriga sein arvutus

#### 2.4.1 Üldiselt

Pilastriga sein arvutamine on keeruline elastsusteooria ülesanne. Insenerilahendustes tehakse mitmeid lihtsustusi, mis võimaldavad tõepärase tulemuse saada lihtsate arvutustega. Kõigepealt eeldatakse, et pilaster on seinaga nii ühendatud, et pilastrile rakendatud koormuse kantakse seinale üle koormuse rakendusala läheduses. Selle tingimuse täitmiseks tuleb täita pilastriga sein tegemisel mõned konstruktiivsed nõuded (vt [joonis 2.7](#)).

Pilastriga sein arvutuskeem on käesolevas programmis koostatud ühekorruselise hoone arvutamiseks. Juhul kui tekib vajadus mitmekorruselise pilastritega seintega hoone arvutamiseks, tehakse arvutus ülemisest korrusest alates korruse kaupa. Alumise korruse koormused pilastriga seinale täpsustatakse tehtud arvutuste alusel ja rakendatakse programmi uuesti alumise korruse jaoks.



Eeldatakse, et seiniosa mõlemal pool pilastrit töötab pilastriga koos [joonise nr 2.8](#) järgi.

#### 2.4.2 Geomeetria

Pilastriga sein geomeetria on põhimõtteliselt sama, mis sein arvutuse puhul.

Avadega seina puhul vaadeldakse arvutusliku seinaosana seinalõiku vasakpoolsete avade keskjoonest parempoolsete avade keskjoonele. Avad võivad korrusel olla või puududa.

Pilastri asukoht määratakse vasakpoolsest seiniosa servast (avade teljest). Pilaster võib olla madalam seinast ülemise arvutussooni piirides.

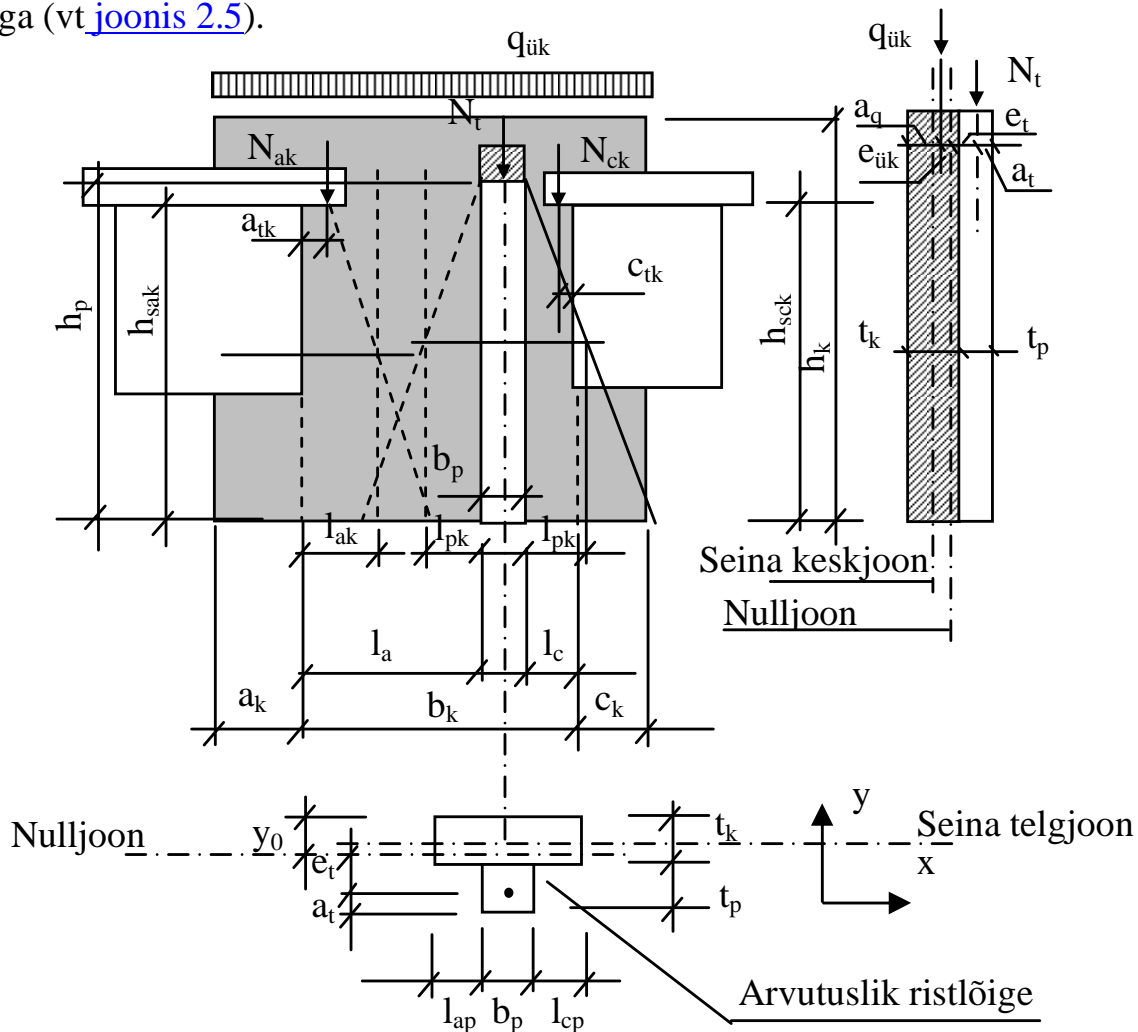
### 2.4.3 Materjalid

Materjalideks on : columbiakivid ja mört.

Columbiakivid valitakse AS Columbia-Kivi tootekataloogi alusel. Mördi valib projekteerija mördimargi alusel. Õõnte täitmine ja betooni valik toimub kahe skeemi järgi – kõik õõned on täis või kõik õõned on tühjad.

### 2.4.4 Koormused

Programm eeldab, et põhiline koormus  $N_t$  rakendatakse pilastrile (tala koormus). Seina koormuse  $q_{ük}$  arvutab välja projekteerija jm. koormusena seinale. Koormuse rakenduspunkti kauguse pilastri servast ( $a_t$ ) määrab projekteerija pärast vastava toetussõlme konstrueerimist. Ülevalt tuleva koormuse  $q_{ü}$ , rakenduskauguse seina välisservast määrab projekteerija. Ekstsentrilisused määratakse vastavate märkidega (vt [joonis 2.5](#)).



Joonis 2.8 Pilastriga seina skeem

## Projekteerimisprogramm Columbiakivi sein arvutus

Pilastriga sein puhul on arvesse võetud ka tuulekoormus. Kõik koormuskombinatsioonid koostab projekterija ja teeb igale kombinatsioonile vastava arvutuse, sisestades iga kord programmi vastavad koormused.

Tuulekoormuseks on projekterija poolt määratud arvutuslik tuulesurve pilastriga hoone seinale  $w$  ( $\text{kN/m}^2$ ). Arvutustes vaadeldakse arvutusliku tuule koormust projekterija poolt määratud seinaosale

$w_{so} = l_{so}w$  ( $\text{kN/m}$ ), kus  $l_{so}$  - seiniosa laius.

### 2.4.5 Arvutused

Kõigepealt määratakse pilastriga posti ristlõige (vt joonis 2.8).

Arvutuses kasutatakse järgmisi variante:

kõik plokid on tühjad,  $n = 5$ ;

kõik plokid on betooniga täidetud,  $n = 0$ .

Kui pilastrid on pandud konstruktiivselt sein jäikuse tõstmiseks ja koormus rakendub seinale võib pilastritega sein arvutuse teha [lihtsein](#) arvutusprogrammiga viies sisse sein jäikust suurendava teguri  $k$  vastavalt tabelile 1.

Pilastri osas tuleks teha eraldi arvutus ülevalt tuleva koormusega seinale väljaspool pilastri arvutusala ja pilastrikoormusega pilastrialas. Kui see arvutus nõuab õõnte täitmist betooniga, siis tuleb õõned täita kahele poole pilastrit vähemalt kaugusele  $l_{ap}$  ja  $l_{cp}$  (vt joonis 2.7).

Piirangud –

$$b_k \leq b_p + 12t_k \text{ ja}$$

$$b_k \leq b_p + h_k/3,$$

$$l_{ap} = l_{pk}, \text{ kui } l_{pk} \leq l_a \text{ ja}$$

$$l_{ap} = l_a, \text{ kui } l_{pk} > l_a,$$

$$l_{ap} \leq l_a,$$

kusjuures

$$l_{ap} \leq 6t_k \text{ ja } l_{ap} \leq h_k/3.$$

$$l_{cp} = l_{pk}, \text{ kui } l_{pk} \leq l_c \text{ ja}$$

$$l_{cp} = l_c, \text{ kui } l_{pk} > l_c,$$

$$l_{cp} \leq l_c,$$

kusjuures

$$l_{cp} \leq 6t_k \text{ ja } l_{cp} \leq h_k/3.$$

Lähteandmed antakse koos geomeetriaga.

$h_{sak} = h_{sck}$ ,  $h_p$ ,  $2a_k$  (ava laius),  $2c_k$ ,  $l_a$ ,  $l_c$ ,  $b_p$ ,  $t_p$ ,  $a_{tk}$ ,  $c_{tk}$ ,  $t_k$ ,  $a_t$ ,  $e_{\ddot{u}}$  (vastava märgiga, vt [joonis 2.5](#)),  $k$ .

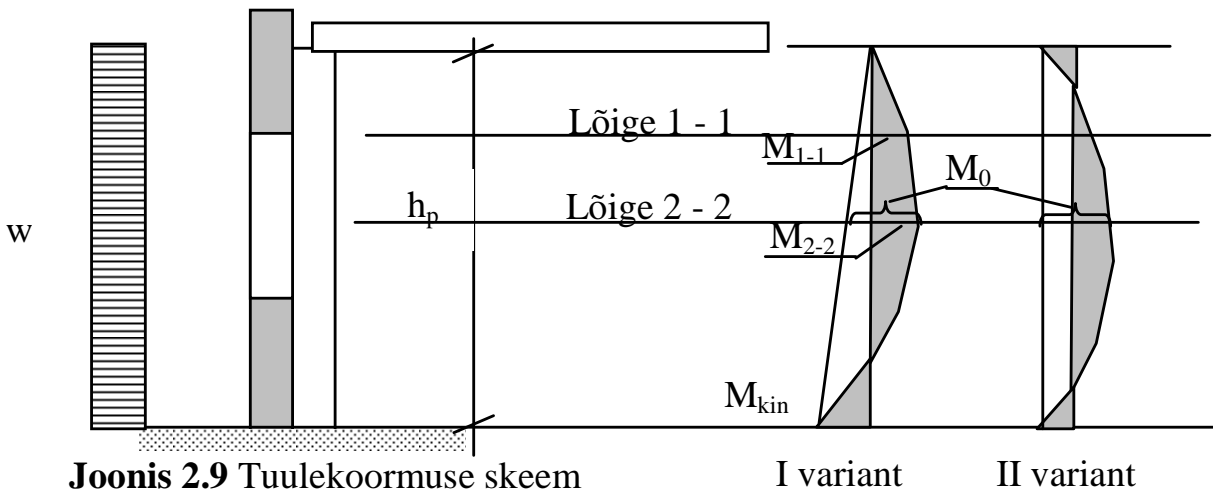
Koormused –

$N_s$  - sein koormus ( $\text{kN/m}$ ),

$N_t$  - tala koormus ( $\text{kN}$ ),

$w_p = w_{so}$  - tuulekoormus ( $\text{kN/m}$ ).

Sisejõud tuulekoormusest määratakse vertikaalselt järgmise skeemi alusel. Tuulekoormuse suund on pilastri suhtes määratud [joonisega 2.10](#).



**Joonis 2.9** Tuulekoormuse skeem

I variant

II variant

Arvutustes vaadeldakse kahte varianti. I variandi puhul on tegemist ühekorruselise hoonega, II variandi puhul mitmekorruselise hoone alumise (vahepealse korrusega). Korruse tüübi määrab projekterija andmete sisestamisel.

Momentide määramine.

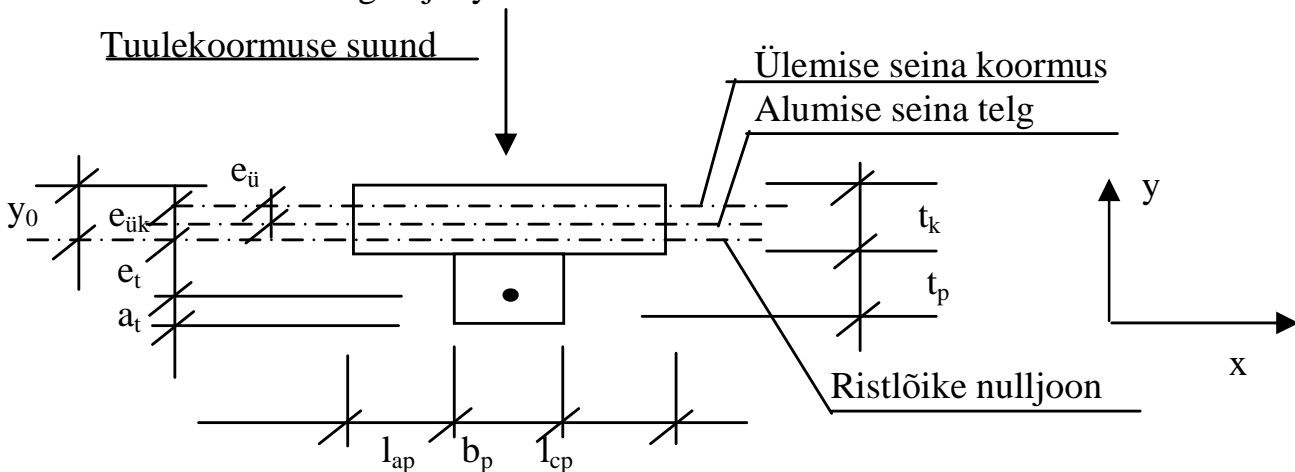
I variant

$$M_0 = w_p \frac{h_p^2}{8}, M_{kin} = -w_p \frac{h_p^2}{8}, M_{2-2} \approx M_{max} = w_p \frac{h_p^2}{128}.$$

II variant

$$M_{kin} = -w_p \frac{h_p^2}{12}, M_{2-2} = M_{max} = w_p \frac{h_p^2}{24}, M_w = M_{i-i}.$$

Ristlõike tsentraaltelg teljel y.



**Joonis 2.10** Arvutusliku ristlõike skeem

$y_0$  määratakse staatilise momendi abil.

Kui ülemise seina koormus (vahelae) on rakendatud alumise seina keskjoonest sissepoole, siis on ta sisestamisel negatiivne.

Arvutused

$$e_{iik} = y_0 - t_k/2 + e_{ii};$$

## Projekteerimisprogramm Columbiakivi sein arvutus

$$e_t = t_k + t_p - y_0 - a_t ;$$

$$N_s \text{ määratakse pikkusele } l_{pil} = l_{ap} + b_p + l_{cp} ;$$

$$N_s = N_{sa} + N_{sp} + N_{sc};$$

$$N_{sp} = q_{ük} b_p;$$

kui

$$l_{pk} \leq l_a - l_{ak} , \text{ siis}$$

$$N_{sa} = q_{ük} l_{ap}, \text{ kui}$$

$$l_{pk} > l_a - l_{ak} , \text{ siis}$$

$$N_{sa} = N_{ak} / l_{ak} \times (l_{pk} + l_{ak} - l_a);$$

kui

$$l_{pk} \leq l_c - l_{ck} , \text{ siis}$$

$$N_{sc} = q_{ük} l_{cp}, \text{ kui}$$

$$l_{pk} > l_c - l_{ck} , \text{ siis}$$

$$N_{sc} = N_{ck} / l_{ck} \times (l_{pk} + l_{ck} - l_c).$$

$N_{ak}$  ja  $N_{ck}$  määratakse vastavate avade toereaktsioonina.

Lõplik arvutus

$$N = N_s + N_t;$$

$M = M_t - M_s - M_w$  (eeldatakse, et  $M_t$  on positiivse suunaga ja  $M_s$  vastupidise suunaga).

Arvutuslik ekstsentrilisus

$$e_{mk} = e_m + e_k,$$

kus

$$e_m = M/N + e_a.$$

$e_a$  - juhuslik ekstsentrilisus,  $e_a = \rho h_k / 300$ . See väärtus lisatakse programmi poolt ekstsentrilisusele.

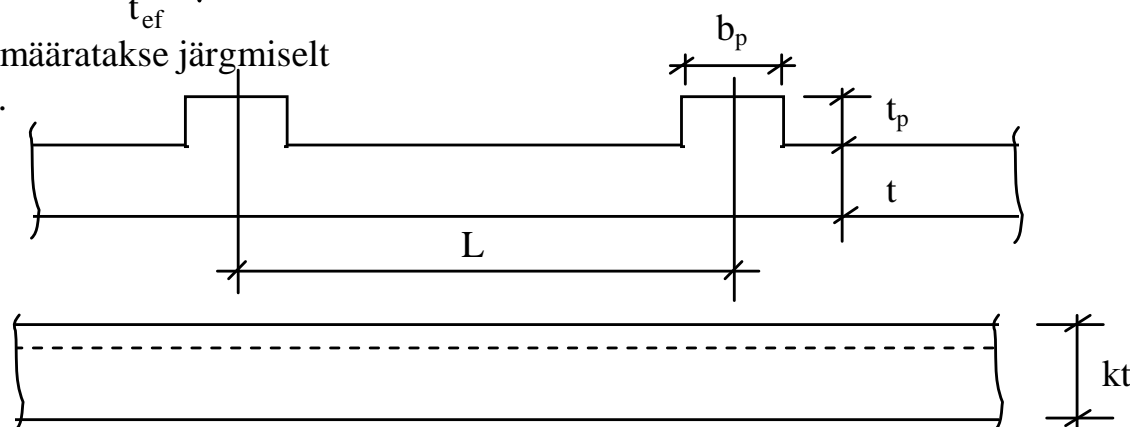
$e_k$  - roomest tekkiv ekstsentrilisus.

Pilastriga sein puhul

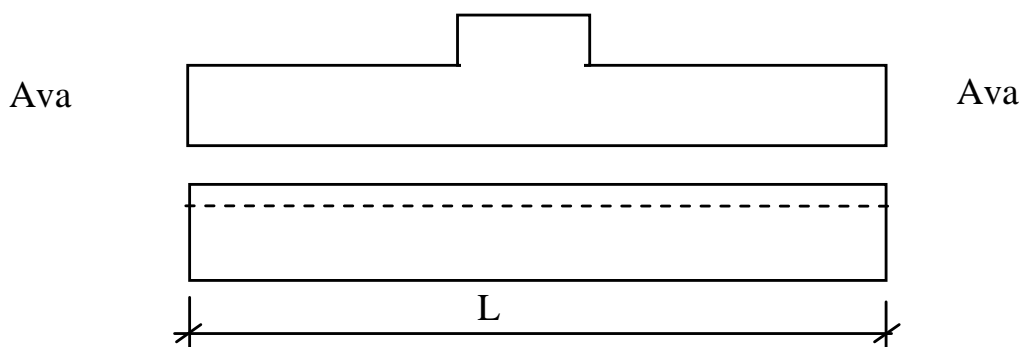
$$e_k = 0,002 \Phi_{\infty} \frac{\rho h_k}{t_{ef}} \sqrt{t_{ef} e_{mk}} ,$$

kus  $t_{ef}$  määratakse järgmiselt

$$t_{ef} = kt.$$



**Joonis 2.11** Pilastriga sein efektiivpaksus täisseina puhul



**Joonis 2.12** Pilastri laius avade puhul efektiivpaksuse määramiseks

Teguri  $k$  võib valida järgmisest tabelist

**Tabel 1**

$L/b_p$	$t_p/t$		
	1	2	3
6	1,0	1,4	2,0
10	1,0	1,2	1,4
20	1,0	1,0	1,0

Teguri  $k$  sisestab projekteerija algandmetesse.

Tugevusarvutus toimub vastavalt punktidele 2.1 ja 2.2.

Tugevustingimus

$$N \leq \chi_{i(m)} f A_c.$$

Survetsooni  $A_c$  leidmiseks kasutatakse avaldisi, mis on kirjeldatud abimaterjalis (EPN – ENV 6.1.1) EPN 6/AM-1.

Kontrollitakse ka pilastriga sein saledust. Ülevalt ja alt seotud sein puhul seinapaksuse  $t_{ef}$  alusel

$\lambda_h = h_{ef}/t_{ef} \leq 27$  või ristlõike tegeliku kuju alusel (aknapostid jne)

$\lambda_i = h_{ef}/i \leq 90$ , kus inertsiraadius

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}.$$

### Kasutatud kirjandus

1. EPN-ENV 6.1.1 – Eest projekteerimisnormid – Kivikonstruktsioonid (eelnõu).
2. СНиП II-22-81 Нормы проектирования. Каменные и армокаменные конструкции.
3. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81).
4. Murverkshandboken MUR 90, TCK AB, 1990, Häfte 2, Häfte 4A...4C, Häfte 5C.

## Projekteerimisprogramm Columbiakivi sein arvutus

5. EPN-ENV 2.1.1 – Eesti projekteerimismid – Raudbetoonkonstruktsioonid (eelõu).
6. СНиП II 2.03.01-84 Нормы проектирования. Бетонные и железобетонные конструкции.
7. EPN2/AM-1- Raudbetoonkonstruktsioonid – Abimaterjal EPN 2.1.1 kasutajale.
8. Design of Masonry Structures, A.W. Hendry, B.P. Sinha and S.R. Davies, E&FN Spon, London, 1996.

<b>Aineregister</b>	<b>lk</b>
<a href="#">Algusesse</a>	16
A	
<a href="#">arvutuslaid</a>	18
<a href="#">arvutuslik ristlõige,</a>	28
<a href="#">arvutuslik seinosa</a>	18
<a href="#">arvutustugevus,</a>	17
<a href="#">avadega sein,</a>	18
<a href="#">avadeta sein,</a>	18
B	
<a href="#">betooniga täitmine</a>	19
E	
<a href="#">efektiivne kõrgus,</a>	16
<a href="#">efektiivne paksus,</a>	16
<a href="#">ekstsentrilisus,</a>	21
G	
geomeetria,	
<a href="#">sein geomeetria,</a>	18
<a href="#">keldriseina geomeetria,</a>	22
<a href="#">pilastrigeomeetria,</a>	25
I	
<a href="#">inertsiraadius,</a>	30
K	
<a href="#">keldrisein,</a>	22
<a href="#">keldriseina koormused,</a>	23
<a href="#">konstruktiivsed nõuded</a> pilastrile,	25
<a href="#">koormuse jaotus</a> seinas,	18
<a href="#">kujutegur <math>\delta</math>,</a>	17
<a href="#">k</a> jäikusetegur	30
M	
<a href="#">mullasurve,</a>	24
<a href="#">mördid,</a>	18
<a href="#">mördi keskmise tugevuse <math>f_m</math>,</a>	17

<a href="#">müüritise arvutustugevus,</a>	17
<a href="#">müüritise normsurvetugevus,</a>	17
N	
<a href="#">normaliseeritud survetugevuse <math>f_b</math>,</a>	17
<a href="#">nõtke- ja vähendustegur <math>\chi_s</math>,</a>	17
O	
<a href="#">osavarutegur materjalile,</a>	17
<a href="#">Osavarutegurid</a> keldriseina arvutamisel,	23
P	
<a href="#">pilastriga sein,</a>	25
<a href="#">pilastri lõige,</a>	28
<a href="#">pilastri ristlõike määramine,</a>	27
R	
<a href="#">raudbetoonpadi,</a>	25
<a href="#">ristlõike survetsoon,</a>	21
<a href="#">ristlõike survetsoon pilastri puhul,</a>	30
<a href="#">roomeekstsentrilisus,</a>	21
S	
<a href="#">saledus <math>\lambda_h</math>,</a>	21
<a href="#">saledus <math>\lambda_{i2}</math>,</a>	30
<a href="#">seina arvutus,</a>	18
<a href="#">seinaosa laius,</a>	18
<a href="#">staatiline moment,</a>	28
T	
<a href="#">tegur k,</a>	16
<a href="#">tegur <math>\rho_s</math>,</a>	16
<a href="#">tegur <math>\chi_{i(m)}</math>,</a>	17
<a href="#">tugevusarvutus,</a>	17
<a href="#">tuulekoormus,</a>	28
V	
<a href="#">vahelaekoormus,</a>	20
<a href="#">vertikaalsuunaline moment.</a>	24
<a href="#">Algusse</a>	16