



LUND UNIVERSITY

Ytförstärkt murverk

Dimensionering och konstruktiv utformning

Molnar, Miklos; Carlsvärd, Christian; Gustavsson, Tomas

2024

Document Version:

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Molnar, M., Carlsvärd, C., & Gustavsson, T. (2024). *Ytförstärkt murverk: Dimensionering och konstruktiv utformning*. (TVBK; Nr 3079). Lunds tekniska högskola, Avdelningen för konstruktionsteknik.

Total number of authors:

3

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

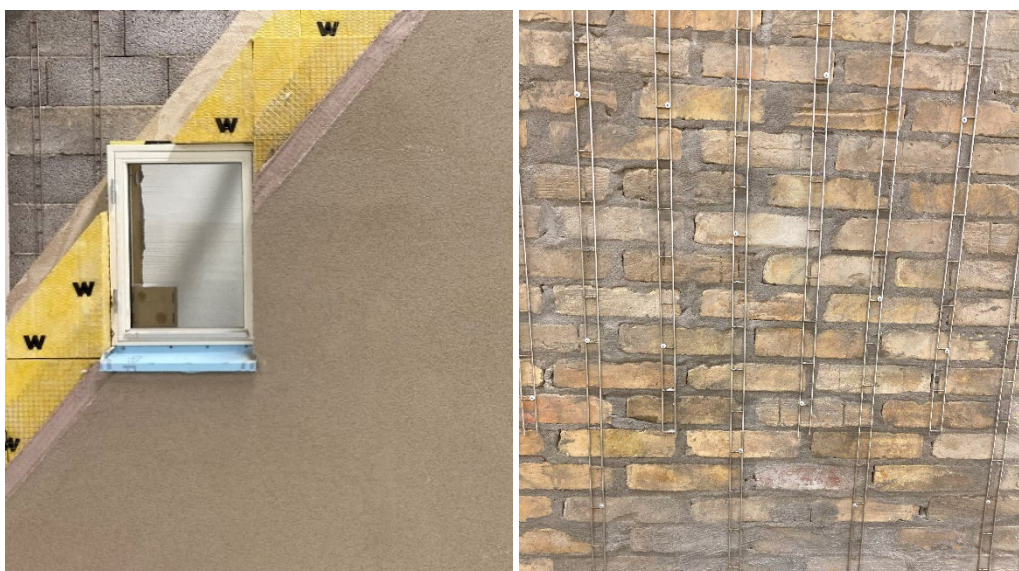
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Ytförstärkt murverk

Dimensionering och konstruktiv utformning



Christian Carlsvärd

Tomas Gustavsson

Miklós Molnár

Rapport TVBK-3079

ISBN 978-91-87993-27-5

Lunds Tekniska Högskola

Avdelningen för Konstruktionsteknik

Box 118

221 00 Lund

Sverige

2024

Förord

Handboken är inriktad på dimensionering och konstruktiv utformning av ytarmerat lättklinkermurverk. När det gäller andra murverksmaterial, sker dimensionering på samma sätt som för lättklinkermurverk. När det gäller konstruktiv utformning av främst byggnadsdetaljer, kan särskilda aspekter behöva beaktas beroende på murverksmaterial.

Den har tagits fram inom ramen för utvecklingsprojektet ”Demonstration av energi- och resurseffektiva murade ytterväggar”. Projektet genomfördes under perioden 2021 – 2023, med finansiering från Energimyndighetens forskningsprogram E2B2, anslag 37582-4. Projektet samfinansieras av Weber Saint-Gobain Sverige AB och Tomas Gustavsson konstruktioner AB.

Stockholm och Lund, maj 2024

Författarna

Innehållsförteckning

1 Inledning	5
1.1 Energi- och resurseffektiva ytterväggar	5
1.2 Forsknings- och utvecklingsprojekt om tunna murade väggar	5
1.3 Medverkande	7
2 Material och utförande	8
2.1 Lättklinkerblock	8
2.2 Murbruk	8
2.3 Lättklinkermurverk	8
2.4 Förstärkningsmaterial	9
2.5 Förstärkningsputs	11
2.6 Ytförstärkningens utförande	11
2.7 Uppbyggnad av ytterväggar	13
3 Dimensionering	14
3.1 Allmänt	14
3.2 Väggar belastade med normalkraft och moment	14
3.2.1 Verkningsätt	14
3.2.2 Dimensioneringsgång	
3.2.3 Tvärsnittskontroll	15
3.2.4 Framtagning av interaktionsdiagram – exempel 1	16
3.2.5 Knäckning - elementkontroll	19
3.2.6 Kontroll av bärförmåga hos murpelare – exempel 2	20
3.2.7 Förankring av lyftkrafter	24
3.3 Transversalbelastade väggar	24
3.3.1 Bakgrund	24
3.3.2 Oarmerade väggar	24
3.3.3 Ytarmerade lättklinkerväggar med betydande öppningar - brottlinjemetoden	26
3.3.4 Beräkning av behovet av ytförstärkning i transversalbelastad vägg – exempel 3	26
3.3.5 Ytförstärkta väggars tvärkraftskapacitet	30
4 Byggnadsteknisk utformning	31
4.1 Grund	31
4.2 Överbryggning av öppningar	31
4.3 Anslutning mot bjälklag eller tak	31
4.4 Skydd mot brand	32
4.5 Ljudegenskaper	32
Referenser	33
Bilaga A Interaktionsdiagram för samtidigt verkande böjmoment och normalkraft	34
Bilaga B Byggnadstekniska detaljer - lättklinkermurverk	59
Bilaga C Byggnadstekniska detaljer - tegelmurverk	63

1 Inledning

1.1 Energi- och resurseffektiva murade ytterväggar

I det moderna byggandet ställs allt högre krav på byggnaders energiprestanda, vilket har medfört att tjockleken hos ytterväggar har ökat över tid. När det gäller moderna murade byggnader, ofta i den mindre skalan, dominerar ytterväggar av blockmurverk med grundmaterial av lättbetong, lättklinkerbetong eller högporöst tegel.

En vanligt förekommande produkttyp är så kallade sandwichblock bestående av två skikt lättklinkerbetong med mellanliggande isolering av hårt isolermaterial. Välisolerade ytterväggar byggda med block av sandwichtyp har normalt en tjocklek på minst 350 millimeter, utan puts. Ett block med den totala tjockleken på 350 millimeter består av 90 millimeter lättklinker, 170 millimeter isolering och ytterligare 90 millimeter lättklinker.

Idag är det dock inte ovanligt att man, på grund av strävan att minimera energianvändningen, landar i vägg tjocklekar på närmare 500 millimeter. Tjockare väggar ger även bättre bärförmåga, vilket ofta kompenserar för en förhållandevis låg hållfasthet hos murverksmaterial som lättbetong, lättklinkerbetong eller högporöst tegel.

Optimering av energiprestandan leder samtidigt till målkonflikter avseende ekonomi och resursanvändning. Vid en given byggbar tomtyta medför en ökning av ytterväggars tjocklek att man går miste om användbar invändig boyta. I fallet med ett enfamiljshus på 135 kvadratmeter, kan uppemot 4 – 5 kvadratmeter boyta försvinna när man ökar ytterväggens tjocklek från 350 till 450 millimeter. Tjockare väggar medför även ökad användning av naturresurser och större klimatbelastning.

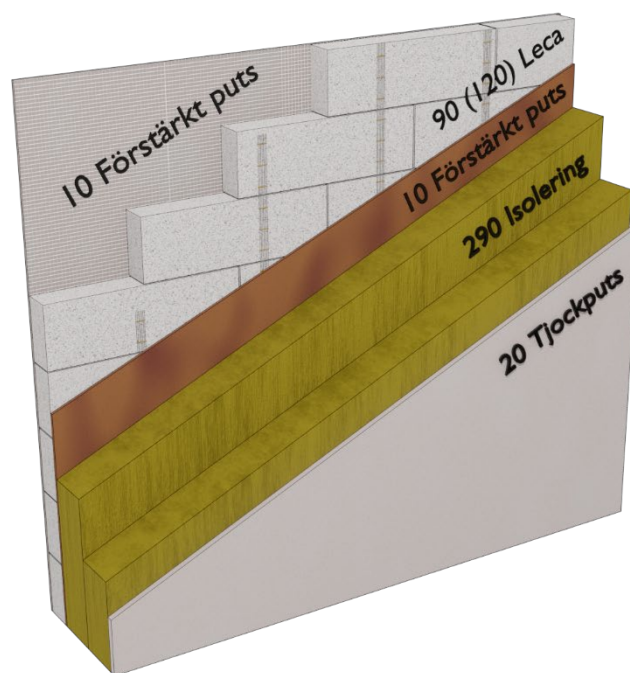
1.2 Forsknings- och utvecklingsprojekt om tunna murade väggar

I länder med jordbävningsproblematik har ytförstärkning introducerats för att förbättra murade byggnaders bärförmåga med avseende på jordbävningslaster. Tekniken innebär att förstärkningsmaterial med hög draghållfasthet, till exempel stålarmering eller glasfibernet, bäddas in i putsen. Ytförstärkning ger bättre bärförmåga med avseende på skjuvkrafter och ökar väggarnas brottseghet, två egenskaper som förbättrar murade stommars motståndskraft vid jordbävning. Ytförstärkning ökar även bärförmågan hos väggar utsatta för vertikala och transversala laster, på samma sätt som armering ökar bärförmågan hos betongkonstruktioner.

I tre forsknings- och utvecklingsprojekt vid Lunds tekniska högskola (LTH), Avdelningen för konstruktionsteknik, har ytarmering sedan 2016 studerats som en möjlighet att utveckla tunna men bärkraftiga väggar som kan ingå i energieffektiva murade ytterväggar. Inifrån räknat, kan en modern, energieffektiv murad yttervägg bestå av:

- En ytförstärkt inre vägg med hög bärförmåga med avseende på vertikala och transversala laster;
- Termisk isolering;
- Fasadskikt av tjockputs som appliceras på isoleringen.

Andra fasadskikt än puts på isolering är möjliga, till exempel skalmur av tegel eller putsad lättklinkermur. Figur 1.1 visar den principiella uppbyggnaden av en energieffektiv yttervägg med ytförstärkt blockmurverk.



Figur 1.1 Yttervägg med ytförstärkt lättklinkermurverk (insidan) och fasadskikt av tjockputs på isolering. Källa: Molnár med flera 2021.

I FoU-projekten vid LTH har murverksmaterial av lättklinkerbetong och tegel undersökts med förstärkning av stålarmering samt glasfibernät. Som förstärkningsputs har grundningsbruk klass CS IV (klass A enligt äldre beteckning), använts. Arbetet har inriktats på undersökning av lastsituationer med hög relevans vid projektering av murade väggar:

- Samtidigt verkande normalkraft och moment;
- Moment;
- Tvärkraft.

För att studera beteendet vid samtidigt verkande normalkraft och moment, har fler än 40 fullskaleväggar av lättklinkerbetong och tegelmurverk undersökts. För att studera beteendet vid belastning med moment och tvärkraft, genomfördes mer än 35 balkförsök. Resultaten från FoU-projekten vid LTH visar att ytförstärkta väggar bestående av 10 millimeter förstärkt puts, 90 millimeter lättklinker- eller tegelmurverk och 10 millimeter puts erhåller en bärförmåga som är i paritet med vad som normalt erfordras vid uppförande av murade byggnader i upp till två våningar. Tjockleken på den bärande delen av väggen kan genom ytarmering minskas med mellan 30 – 100 millimeter.

Det insparade utrymmet kan användas till mer termisk isolering, utan att ytterligare öka ytterväggens totala tjocklek. Smalare murpartier i traditionellt murverk kan ofta behöva förstärkas med infällda stålpelare, ett problem man ofta kan lösa på ett enkelt sätt genom att ytarmera murverket. Den nya tekniken möjliggör byggande av ytterväggar med ett U-värde på runt 0,11 W/m²K, utan att gå över 450 mm i total vägg tjocklek.

Ytförstärkning kan användas även för att öka bärförmågan i befintliga väggar, till exempel i samband med renovering och ombyggnad.

LTH-projektens resultat har publicerats i följande rapporter och artiklar:

- Johan Jönsson och Miklós Molnár - Förstärkning av murade väggar genom ytarmering av stålnät. Resultat från experimentella studier och beräkningar. Rapport TVBK-3069, Lunds tekniska högskola, 2018.
- Miklós Molnár, Jonas Niklewski, Ívar Björnsson - Energy efficient buildings by use of reinforced masonry walls. An experimental study. Report TVBK-3077 (på engelska), Lunds tekniska högskola, 2021.
- Jonas Niklewski med flera - Tjugo procent lägre U-värde med förstärkta murade väggar. Bygg&teknik 2/21.

Rapporterna utgivna av LTH kan hittas genom en nätsökning och är fritt nedladdningsbara från Lunds universitets forskningsportal.

De tidigare projekten om ytarmering vid LTH genomfördes med stöd från följande aktörer:

- Energimyndigheten, genom forskningsprogrammet E2B2, forskningsanslag 37582-2 och 37582-3;
- Medlemsföretag i Föreningarna tungt murat och putsat byggande (TMPB) samt Mur- och Putsföretagen, tidigare SPEF: Adfors Saint-Gobain, Brukspecialisten, Combimix AB, Fasadgruppen AB, Joma AB, Karling Fasad AB, Kåver och Mellin AB, Nyströms Cement AB, Tegelmäster AB, Tomas Gustavsson konstruktioner AB, Tyréns, Saint-Gobain Sweden AB - Weber, Wienerberger AB.

1.3 Medverkande

Handboken är framtagen av:

- Miklós Molnár, docent, universitetslektor vid Avdelningen för konstruktionsteknik vid Lunds tekniska högskola.
- Christian Carlsvärd, civilingenjör, produktchef för fasadprodukter vid Saint-Gobain Sweden AB - Weber.
- Tomas Gustavsson, civilingenjör och teknologie licentiat, byggkonsult med inriktning på murade konstruktioner, ägare av firman Tomas Gustavsson konstruktioner AB.

Utöver författarna, har följande personer deltagit aktivt i genomförandet av de tre FoU-projekten:

- Johan Jönsson, teknologie doktor, 2016 - 2017. Sedan 2023 byggnadsteknisk konsult på AFRY.
- Jonas Niklewski, teknologie doktor, biträdande universitetslektor, LTH Konstruktionsteknik. 2018 - 2022.
- Ívar Björnsson, teknologie doktor, universitetslektor, LTH Konstruktionsteknik. 2020 - 2022.
- Per-Olof Rosenkvist och Martin Gunder, forskningsingenjörer, LTH Konstruktionsteknik. 2016 – 2023.

Granskning är utförd av:

- Sven Thelandersson, professor emeritus i konstruktionsteknik

2 Material och utförande

2.1 Lättklinkerblock

Weber Saint-Gobain tillhandahåller två grupper av lättklinkerblock.

Så kallade **murblock** har ett format som passar för traditionell murning med en fogtjocklek på 10 millimeter. Detta innebär att murblock har en höjd på 190 millimeter, vilket tillsammans med en fog på 10 millimeter ger en skifthöjd på 200 millimeter. Murblocken har en längd på 590 mm och en tjocklek som är 90, 120, 150, 190, 250, 300 eller 350 millimeter. Upp till 150 millimeters tjocklek har murblocken slät yta; murblock med tjockleken 190 millimeter eller större är försedda med spår för inplacering av armering i liggfogen. Murblock produceras i hållfasthetsklasserna 3 respektive 5 MPa. Till exempel innebär beteckningen Leca® Murblock 9 Typ3 att det handlar om ett murblock tillverkat av lättklinkerbetong hållfasthetsklass 3 MPa, med tjockleken 90 millimeter.

Den andra gruppen av lättklinkerblock har utformats för murning med tunna fogar. En alternativ beteckning för murning med tunna fogar är tunnfogsmurning eller limning. Blocken tillhörande denna grupp har en höjd på 198 millimeter och en längd på 498 millimeter, mått som har valts för att tillsammans med en fog på 2 millimeter ge en skifthöjd på 200 millimeter. Block med vertikala hål tillverkas i tjocklekarna 95 (5), 125 (5), 200 (3 – 5), 250 (3 – 5), 300 (3 – 5) och 350 (3 – 5) millimeter; siffran i parentes anger hållfasthetsklassen i MPa. Massiva block tillverkas i tjocklekarna 90 (3) och 150 (3) millimeter. Block med tjockleken 150 mm eller större är försedda med spår för horisontal armering. Till exempel, innebär beteckningen Leca® Block 150 Fin att det handlar om ett block med spår för horisontal armering, tillverkat av lättklinkerbetong hållfasthetsklass 5 MPa, med tjockleken 150 millimeter.

För båda grupperna innebär högre hållfasthetsklass att murverkets tryckhållfasthet blir högre. Även den akustiska prestandan förbättras med högre hållfasthetsklass, eftersom lättklinkermaterialet håller högre densitet.

2.2 Murbruk

Vid murning med murblock av lättklinker används vanligt murbruk, normalt i hållfasthetsklass M2,5. Användning av starkare murbruk medför inte någon ökning av murverkets tryckhållfasthet. Om svagare murbruk används, till exempel i hållfasthetsklass M1 eller M0,5, minskar murverkets tryckhållfasthet, vilket medför att även potentialen med ytförstärkning minskar. Ett murverk med alltför låg tryckhållfasthet går inte att förstärka på ett effektivt sätt.

För tunnfogsmurning används specialbruk med hög bindemedelshalt och finkornig ballast. Murverkets tryckhållfasthet blir mellan 10 – 20 % lägre än vid traditionell murning med murbruk i hållfasthetsklass M2,5.

2.3 Lättklinkermurverk

Murverks hållfasthets- och deformationsegenskaper beror på hållfastheten hos blocken och murbruket men även murningstekniken. Tabell 2.1 visar exempel på lättklinkermurverks karakteristiska tryckhållfasthet f_k och gränstukning ε_{mu} vid användning av traditionell murning och tunnfogning.

I ytarmärat murverk används förstärkning som bäddas in i putsen för att se till att väggar får erforderlig böjkapacitet. Detta är en fördel, eftersom lättklinkermurverks böjhållfasthet vid böjning parallellt med liggfogarna f_{x1} (horisontal spricka) är förhållandevis låg. I samband med dimensionering av väggar belastade med böjande moment i brottgränstillståndet bortses därför från murverkets böjhållfasthet f_{x1} – hela böjande momentet anses motverkas av den i putsen inbäddade förstärkningen. Liknande principer tillämpas vid dimensionering av armerad betong i brottgränstillståndet. Oarmerat lättklinkermurverks karakteristiska böj- respektive initiella skjuvhållfasthet visas i Tabell 2.2 respektive Tabell 2.3.

Tabell 2.1 Lättklinkermurverks karakteristiska tryckhållfasthet f_k (MPa) och gränsstukning ε_{mu} (-). Källor: EKS 12, Tabell H-4 och provningsresultat från Lunds tekniska högskola.

Lättklinkerblock hållfasthetsklass	Murbruksklass M2,5		Tunnfogsbruk	
	f_k (MPa)	ε_{mu} (-)	f_k (MPa)	ε_{mu} (-)
3	2,4	0,002 ^a	2,0	0,001 ^a
5	3,4	0,002 ^a	3,1	0,001 ^a

^a För lättklinkermurverk av hålblock är gränsstukningen ε_{mu} 50 % lägre.

Tabell 2.2 Lättklinkermurverks karakteristiska böjhållfasthet f_{xk} (MPa) Källa EKS 12, Tabell H-6.

Lättklinkerblock hållfasthetsklass	Murbruksklass M2,5		Tunnfogsbruk	
	f_{xk1} (MPa)	f_{xk2} (MPa)	f_{xk1} (MPa)	f_{xk2} (MPa)
3	0,15	0,30	0,20	0,30
5	0,15	0,30	0,20	0,30

Tabell 2.3 Lättklinkermurverks karakteristiska initiella skjuvhållfasthet f_{vk0} (MPa) Källa EKS 12, Tabell H-5.

Lättklinkerblock hållfasthetsklass	Murbruksklass M2,5	Tunnfogsbruk
3	0,20	0,30
5	0,20	0,30

Vid användning av andra murverksmaterial kan motsvarande hållfasthetsvärden bestämmas med hjälp av EKS 12 eller formler i murverkseuroked EK6 (SS-EN 1996-1-1, avsnitt 3.6). Murverks hållfasthet kan bestämmas även genom provning.

2.4 Förstärkningsmaterial

Som huvudalternativ till förstärkningsmaterial rekommenderas bistål eller vajerarmering (Bild 2.1). Båda förstärkningsmaterialen har med framgång testats i forsknings- och utvecklingsprojekt vid Lunds tekniska högskola.

Bistål

Bistål är en armeringsprodukt bestående av två stålstänger sammansvetsade med tvärgående pinnar. Den tvärgående pinnen ligger i samma plan som de två längsgående stängerna, vilket gör

att produkten lättare kan få plats i murfogar. Den här utformningen underlättar att bädda in bistål i murfogar, och i vårt fall, i förstärkningsputs med förhållandevis liten tjocklek, ofta cirka 10 millimeter. Den tvärgående pinnen bidrar även till att öka bistålets förankringskapacitet.

Val av bistål sker utifrån krav på bärförmåga och beständighet. Konstruktiv dimensionering av ytförstärkt murverk hanteras i kapitel 3 i denna handbok. När det gäller beständighet, utgår man från den miljöklassificering som anges i EKS 12, Tabell H-9. I fallet med ytförstärkt murverk som bärande del i en välisolerad yttervägg, kommer det inre, förstärkta skalet normalt att hamna i en torr eller obetydligt korrosionsaggressiv omgivning, det vill säga miljöklass MX1. I en dylik omgivning avseende mikroklimat kan bistål av obehandlat stål väljas. Samma förutsättningar gäller för innerväggar.

I situationer där det inre skalet eller innerväggen utsätts för en fuktig miljö utan frost- och töcykler klassas omgivningen som MX2. I dessa lägen bör bistål av förzinkat eller rostfritt stål användas. Blir det ytförstärkta skalet utsatt för frost- och töcykler eller klorider, bör bistål av rostfritt stål användas. Tabell 2.4 visar mekaniska egenskaper för några vanligt förekommande bistålsprodukter.

Tabell 2.4 Mekaniska egenskaper hos bistålsprodukter ur Weber Saint-Gobains produktsortiment.

Produkt	Sträckgräns f_{yk} (MPa)	Elasticitetsmodul E_s (GPa)	Tvärsnittsarea A_s (mm ²)	Miljöklass
Leca® Bistål 40ob	500	200	25	MX1
Leca® Bistål 37rf	850	200	21,5	MX1 – MX4

Vajerarmering

Vajerarmering består av trådar av höghållfast stål som binds ihop till en remsa med hjälp av tvärgående plasttrådar. Trådtjockleken är mindre än en millimeter, vilket gör att vajerarmering är lättböjlig och kan därför levereras på rulle. Armeringen klipps till önskad längd på plats, vilket minimerar spillet. Tjockleken inklusive plasttrådarna är 1,7 millimeter, vilket gör att vajerarmering kan bäddas in i en förstärkningsputs med tjockleken under 10 millimeter.

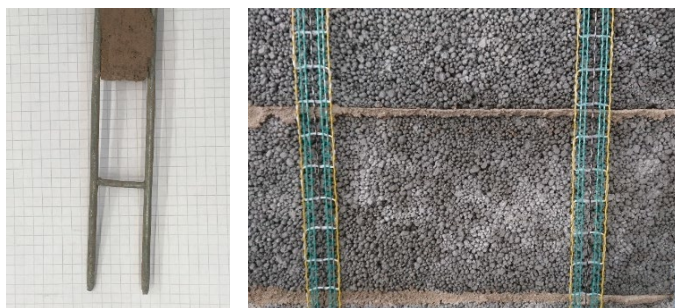


Bild 2.1 Förstärkningsmaterial: avslitet bistål (vänster); vajerarmering (höger).

Konstruktiv dimensionering av ytförstärkt murverk med vajerarmering hanteras i kapitel 3 i denna handbok. I Weber Saint-Gobains sortiment finns två vajerprodukter. Vajerarmering bestående av

icke rostfritt stål är lämplig för användning i torr eller obetydligt korrosionsaggressiv omgivning, det vill säga miljöklass MX1. Vajerarmering bestående av rostfritt stål lämpar sig för användning i omgivning som ur korrosionssynpunkt klassas som MX2 – MX4. Tabell 2.5 visar mekaniska egenskaper för vajerarmering i Weber Saint-Gobains produktsortiment.

Tabell 2.5 Mekaniska egenskaper hos vajerarmering ur Weber Saint-Gobains produktsortiment.

Produkt	Sträckgräns f_{yk} (MPa)	Elasticitetsmodul E_s (GPa)	Tvärsnittsarea A_s (mm ²)	Korrosions- skydd
Leca® Murverksarmering 40	1700	180	4,83	MX1
Leca® Murverksarmering 35rf	1300	150	4,83	MX1 – MX4

Andra förstärkningsprodukter

Utöver bistål och vajerarmering ur Weber Saint-Gobains produktsortiment finns fler liknande produkter på den svenska och europeiska marknaden. I forskningsprojekt vid Lunds tekniska högskola har utöver bistål och vajerarmering även armeringsnät för betong och glasfibernät undersökts som möjliga förstärkningsmaterial.

Ur konstruktiv synpunkt kan armeringsnät för betong användas som förstärkningsmaterial i samband med ytförstärkning. Eftersom tjockleken på armeringsnät är två gånger stångdiametern, blir tjockleken på förstärkningsputsen större jämfört med bistål och vajerarmering, vanligtvis minst 15 millimeter.

Även nät av glasfiber, kolfiber eller basaltfiber fungerar som konstruktiv förstärkning. För att få god vidhäftning, bör produkter med stor maskvidd, helst över 20 millimeter, väljas.

I rapporten Molnár med flera, "Energy efficient buildings by use of reinforced masonry walls", presenteras fler erfarenheter av användning av betongarmeringsnät och glasfibernät som ytarmering.

2.5 Förstärkningsputs

Som förstärkningsputs bör grundningsbruk hållfasthetsklass CS IV, grundningsbruk typ A enligt äldre beteckning, användas. Vid användning av bistål och vajerarmering är 10 millimeter en lämplig tjocklek på förstärkningsputsen. Applicering kan ske genom sprutning eller för hand. Det rekommenderas att putsen avjämnas, så att eventuella fickor undviks.

2.6 Ytförstärkningens utförande

Normalt behöver båda sidor av den bärande muren förstärkas. Förstärkningen genomförs när muren har erforderlig hållfasthet, vilket vanligtvis uppnås efter tre dagars härdning vid temperaturer inom intervallet 10 – 20 grader. Vid lägre temperaturer kan längre härdningstid behövas, enligt bedömning som görs av arbetsledaren som ansvarar för murningen.

Förstärkning av bistål och vajerarmering kan appliceras direkt mot den obehandlade murytan. Arbetet underlättas om förstärkningen fixeras mot murytan. I fallet med lättklinkermurverk kan

fixering av bistål ske med hjälp av skruvar medan av vajerarmering med starkare häftstift. Fixeringen minskar även förekomst av större glapp mellan murytan och förstärkningsmaterialet.

Bistål levereras i längder om fyra meter, vilket gör att bistålet vid rumshöjder under tre meter behöver kapas. Vid rumshöjder över fyra meter, ska bistålet skarvas. Skarvlängder och fördelning av skarvarna väljs i enlighet med SS-EN 1996-1-1, avsnitt 8.2.5.1. Vajerarmering levereras på rullar om 30 meter, vilket gör att skarvning kan undvikas. Armeringen bör appliceras över hela murhöjden.

Innan förstärkningsputsens påförs, kan murytan behöva förvattnas för att skapa optimala förutsättningar för god vidhäftning. Applicering av förstärkningsputs vid temperaturer under fem grader bör undvikas, såvida murens temperatur inte kan höjas.

Förstärkningsputsens påförs antingen genom sprutning eller för hand. Upp till en tjocklek på 10 millimeter, kan förstärkningsputsens påföras i ett steg. Putsen bör jämnas av, så att eventuella fickor fylls med bruk. Bild 2.2 visar arbetssteg vid ytförstärkning.



Bild 2.2 Ytförstärkning av vägg. Fixering av bistålet (vänster); sprutning av förstärkningsputsen (mitt); avjämnning av förstärkningsputsen.

Den synliga sidan av muren kan behöva försees med sprickhämmande putsnät. Putsnätet kan appliceras i den färska förstärkningsputsen (utstockningen) eller i putsskikt som påförs i ett senare skede.

För att ytförstärkningen ska uppnå avsedd effekt, ska förstärkningsputsens härda minst tre dagar vid temperaturer inom intervallet 10 – 20 grader. Vid lägre temperaturer erfordras längre härdningstid. Vid risk för temperaturer under fem grader, ska förstärkningsputsens skyddas genom övertäckning och eventuellt värmning. Åtgärder bör vidtas även vid höga temperaturer, till exempel i form av övertäckning och vattning.

2.7 Uppbyggnad av ytterväggar

När den bärande muren är förstärkt, kan den termiska isoleringen påföras. Rekommendationen är att använda isolerskivor av glasull eller stenull, vilka fästes mot utsidan av den bärande muren med isolerfästen. För att uppnå hög termisk prestanda, rekommenderas att det används isolering i en total tjocklek på mellan 250 – 300 millimeter. Isolerskivorna påförs därför i två till tre lager, med förskjutna skarvar, se Bild 2.3.



Bild 2.3 Uppbyggnad av yttervägg med fasadskikt som är förberett för tjockputs.

Om fasaden ska putsas, finns två alternativ - att påföra tjockputs direkt på isoleringen eller bygga en skalmur av lättklinkerblock som sedan putsas. Fasaden kan även utformas med skalmur av tegel. Den mest yteffektiva lösningen vid given byggbar area fås med tjockputs.

3 Dimensionering

3.1 Allmänt

Dimensionering av murverk i brott- och bruksgränstillstånd ska göras i enlighet med murverkseurokoderna i serien SS-EN 1996. Eftersom i fallet med ytförstärkt murverk läggs armeringen i en förstärkningsputs i murverkets yta, används murverkseurokodernas regler med anpassningar och tolkningar som krävs med hänsyn till tekniken. Där det saknas direkt användbara dimensioneringsmetoder i murverkseurokoderna, används tillämpliga metoder för dimensionering av armerade betongkonstruktioner enligt SS-EN 1992. Den fortsatta presentationen förutsätter att läsaren är bekant med dimensionering av betongkonstruktioner i brottgränstillstånd enligt metoder i betongeurokoderna SS-EN 1992.

3.2 Väggar belastade med normalkraft och böjmoment

3.2.1 Verkningsätt

I väggar belastade med en tryckande centrisk normalkraft uppkommer tryckspänningar som är jämnt fördelade över väggtvärsnittet. Om normalkraften är excentrisk eller om väggen samtidigt belastas av en transversallast, uppkommer även böjspänningar, vilket är vanligast i praktiken. Spänningarna i en vägg utgörs alltså av den sammantagna effekten av normal- och böjspänningar. I en given punkt i väggtvärsnittet råder det alltså antingen tryck- eller dragspänningar, beroende på den inbördes storleken mellan normal- och böjspänningar.

Med ökande belastning kommer väggen att gå till brott. Brott kan ske antingen på grund av att spänningarna överskrider tvärsnittets bärförmåga eller genom böjknäckning. Följden av tvärsnittsbrott är lokal krossning av materialet på tvärsnittets tryckta sida eller uppsprickning och avslitning av armeringen på tvärsnittets dragna sida. Böjknäckning är ett instabilitetsfenomen som uppstår i slanka väggar och medför normalt att väggen kollapsar. Lokalt tryckbrott respektive böjknäckning av fullskaleväggar testade i labbmiljö visas i Bild 3.1.



Bild 3.1 Lokalt böjtryckbrott i lättklinkervägg (vänster); tegelvägg som knäcks och är på väg att kollapsa (höger). Källa: Molnár med flera 2021.

Väggar och murpelare kan även belastas av dragande normalkraft, som normalt uppstår på grund av vindens påverkan på taket. Ytarmering kan effektivt användas för att mobilisera murverkets egentygnd för att motverka lyft.

3.2.2 Dimensioneringsgång

Murverkseurokoden SS-EN 1996-1-1 erbjuder inte någon lämplig dimensioneringsmetod för armerade väggar belastade av samtidigt verkande normalkraft och moment. Detta beror förmodligen på att armerat murverk i Europa används i mycket begränsad omfattning.

I denna handbok föreslås en metod som används vid dimensionering av armerade betongkonstruktioner belastade med samtidigt verkande normalkraft och moment. Metoden innebär att två kontroller genomförs:

- Tvärsnittskontroll, vilket innebär att det görs en kontroll av att spänning av laster i godtyckligt tvärsnitt i väggen inte överskrider tvärsnittets bärförmåga. I praktiken genomförs tvärsnittskontroll med hjälp av interaktionsdiagram som visar ett väggtvärsnitts bärförmåga med avseende för olika kombinationer av centrisk normalkraft och moment.
- Elementkontroll, vilket innebär att det görs en kontroll av att aktuella laster är lägre än laster som medför böjknäckning. I praktiken används samma interaktionsdiagram som vid tvärsnittskontroll men momentet förstoras för att beakta eventuella negativa effekter av väggens slankhet.

3.2.3 Tvärsnittskontroll

För att analysera kapaciteten med avseende på samtidigt verkande centrisk normalkraft och böjmoment hos ett ytarmerat murverkstvårsnitt föreslås följande antaganden och förenklingar, se även Figur 3.1.:

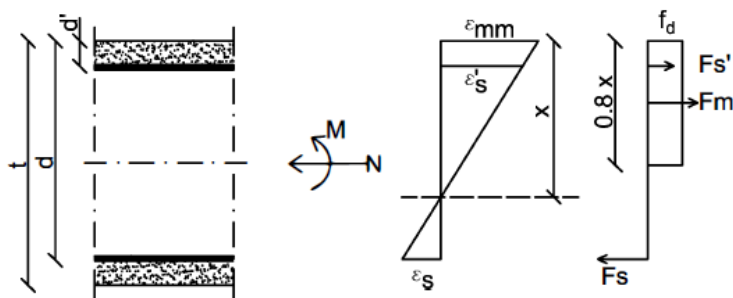
1. Tvärsnittets bredd sätts till $b = 1000$ mm;
2. Tvärsnittets tjocklek, inklusive förstärkningsputs på ömse sidor av muren, betecknas med t ;
3. Tvärsnittets effektiva höjd, dvs. avståndet från den dragna armeringen till den tryckta kanten, betecknas med d ;
4. Avståndet från den tryckta armeringen till den tryckta kanten betecknas med d' .
5. Töjningen i det tryckta murverket begränsas till $\varepsilon_m = \varepsilon_{mu}$, se Tabell 2.1 i denna handbok.
6. Töjningen i den dragna armeringen vid brott begränsas till $\varepsilon_s = \varepsilon_{su} = 0,01$, se SS-EN 1996-1-1, avsnitt 6.6.2;
7. Töjningarna över tvärsnittet varierar linjärt;
8. Murverkets draghållfasthet försummas;
9. Vid brott har tryckspänningarna uppnått murverkets tryckhållfasthet i 80 procent av den tryckta delen av tvärsnittet;

Analysen bör genomföras genom användning av jämviktsekvationer, med utnyttjande av töjningskompatibilitet. Tillvägagångssättet är detsamma som för analys av armerade betongtvårsnitt. Följande ekvationer används, se Figur 3.1 för beteckningar:

1. Kraftjämvikt:

$$N + F_s - F_m - F_{s'} = 0 \quad (1)$$

$$N + \sigma_s \cdot A_s - 0,8x \cdot b \cdot f_d - \sigma_{s'} \cdot A_{s'} = 0 \quad (2)$$



Figur 3.1 Normalkrafts- och momentbelastat tvärsnitt. N – centrisk normalkraft; M – böjmoment; b – tvärsnittsbredd; t – tvärsnittstjocklek; d – effektiv höjd; d' – avståndet från den tryckta armeringens tyngdpunkt till tryckt kant; x – läget för neutrala lagret; f_d – murverkets dimensionerande tryckhållfasthet; F_m – tryckkraft i murverket; $F_{s'}$ – kraft i den tryckta armeringen; F_s – kraft i den dragna armeringen.

2. Momentjämvikt runt väggtvärsnittets mittlinje, det vill säga där normalkraften N angriper:

$$M - F_m \cdot (t/2 - 0,4x) - F_{s'} \cdot (t/2 - d') - F_s \cdot (d - t/2) = 0 \quad (3)$$

$$M - 0,8x \cdot b \cdot f_d \cdot (t/2 - 0,4x) - \sigma_{s'} \cdot A_{s'} \cdot (t/2 - d') - \sigma_s \cdot A_s \cdot (d - t/2) = 0 \quad (4)$$

3. Töjningskompatibilitet, genom att utnyttja att töjningarna varierar linjärt över tvärsnittet, vilket ger likformiga trianglar:

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{mu}} = \frac{d-x}{x} \quad (5)$$

och

$$\frac{\varepsilon_{s'}}{\varepsilon_{mu}} = \frac{x-d'}{x} \quad (6)$$

Med hjälp av grundekvationerna (1), (3), (5) och (6) kan godtyckligt dubbelarmerat tvärsnitt analyseras för att vid till exempel givna materialegenskaper och armeringsmängder räkna ut normalkrafts- och momentkapacitet. Alternativt, vid givna laster, beräkna erforderlig armering. I nästa avsnitt tar vi fram interaktionsdiagram för ett dubbelarmerat lättklinkertvärsnitt.

3.2.4 Framtagning av interaktionsdiagram – exempel 1

Uppgiften är att ta fram interaktionsdiagram för ett väggtvärsnitt av lättklinkermurverk som förstärks med ytarmering på både den dragna- och tryckta sidan. Anledningen till att man förstärker väggtvärsnittets båda sidor är att de flesta ytterväggar utöver kombinationen excentrisk normalkraft även belastas av vindlast, vilket normalt ger upphov till ett förhållandevis stort böjande moment samtidigt som normalkraften är låg. Uppgifter om väggtvärsnittets uppbyggnad visas i Tabell 3.1. Beräkningarna och användningen av interaktionsdiagrammet

förenklas om man räknar på en bredd på en meter och anger centrumavståndet mellan armeringen. Tvärsnittet, krafter och moment samt töjningar och spänningar är som i Figur 3.1.

Tabell 3.1 Lättklinkervägg med dubbelsidig förstärkning – geometri, materialegenskaper och antaganden.

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Väggjocklek, inklusive 10 + 10 mm förstärkningsputs	t (mm)	110	Blocktjocklek 90 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=2,4$ MPa)	f_d (MPa)	1,33	Murblock i hållfasthetsklass 3 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränstökning murverk	ε_{mu} (-)	0,002	
Area bistålsarmering av typen Bi40ob, tvärsnittsarea 25 mm ² /bistål	$A_s = A'_s$ (mm ²)	125	Samma armeringsmängd både på den dragna och tryckta sidan. Motsvarar ett c-avstånd på 200 mm mellan stängerna
Dimensionerande sträckgräns bistål ($f_{yk}=500$ MPa)	f_{yd} (MPa)	385	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul bistål	E_s (GPa)	200	
Flyttöjning bistål	ε_{sy} (-)	0,001925	
Gränstökning bistål	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	102	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	8	

Vi startar analysen med att anta att töjningen i det dragna bistålet har uppnått gränsvärdet $\varepsilon_{su} = 0,010$, se Eurokoden SS-EN 1996-1-1, avsnitt 6.6.2 (2). Det här antagandet betyder att det dragna stålet flyter, det vill säga att $\sigma_s = f_{yd}$. Ur det här antagandet kan läget för neutrallagret x beräknas

$$\varepsilon_{su} = \varepsilon_{mu} \cdot \frac{d-x}{x}; 0,010 = 0,002 \cdot \frac{0,102-x}{x}; x = 0,017 \text{ m.}$$

Vi antar vidare att armeringen på den tryckta sidan är i det elastiska stadiet, det vill säga

$$\sigma'_s = \varepsilon'_s \cdot E_s = \varepsilon_{mu} \frac{x-d'}{x} E_s; \sigma'_s = 0,002 \frac{0,017-0,008}{0,017} \cdot 200e9 = 211,8 \text{ MPa} < f_{yd} = 385 \text{ MPa}; \text{OK.}$$

Normalkraftens storlek för de aktuella töjningsförhållandena beräknas med hjälp av ekvation (2)

$$N + \sigma_s \cdot A_s - 0,8x \cdot b \cdot f_d - \sigma'_s \cdot A'_s = 0;$$

$$N = 0,8x \cdot b \cdot f_d + \sigma'_s \cdot A'_s - \sigma_s \cdot A_s;$$

$$N = 0,8 \cdot 0,017 \cdot 1 \cdot 1,33e6 + 211,8e6 \cdot 125e-6 - 385e6 \cdot 125e-6 = -3,5 \text{ kN}$$

Positivt värde på normalkraften betyder i det här fallet tryck medan negativt värde drag.

Normalkraften är alltså dragande.

I nästa steg beräknas momentet med hjälp av ekvation (4)

Med kunskap om neutrallagrets läge samt om rådande spänningar i armeringen, beräknas tvärsnittets momentkapacitet med hjälp av ekvation (4)

$$M - 0,8x \cdot b \cdot f_d \cdot \left(\frac{t}{2} - 0,4x\right) - \sigma'_s \cdot A'_s \cdot \left(\frac{t}{2} - d'\right) - \sigma_s \cdot A_s \cdot \left(d - \frac{t}{2}\right) = 0$$

$$M = 0,8x \cdot b \cdot f_d \cdot \left(\frac{t}{2} - 0,4x\right) + \sigma'_s \cdot A'_s \cdot \left(\frac{t}{2} - d'\right) + \sigma_s \cdot A_s \cdot \left(d - \frac{t}{2}\right)$$

$$M = 0,8 \cdot 0,017 \cdot 1 \cdot 1,33e6 \cdot \left(\frac{0,110}{2} - 0,4 \cdot 0,017\right) - 211,8e6 \cdot 125e - 6 \cdot \left(\frac{0,110}{2} - 0,008\right) - 385e6 \cdot 125e - 6 \left(0,102 - \frac{0,110}{2}\right)$$

$$M = 4,38 \text{ kNm}$$

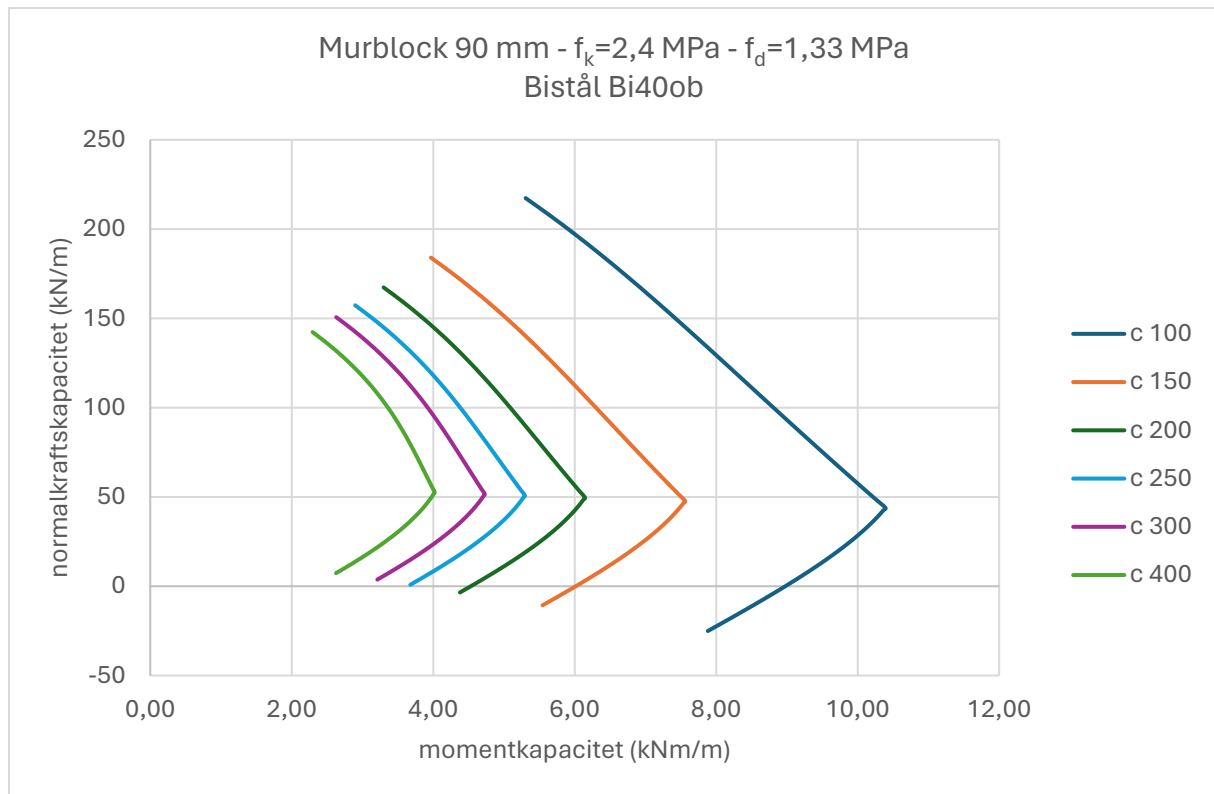
Vi har nu bestämt en första punkt på interaktionsdiagrammet (N; M) = (-3,5 kN; 4,38 kNm).

Beräkningarna fortsätter med successiva val av större x-värden tills man har beräknat tillräckligt många punkter för att kunna rita upp ett interaktionsdiagram. Beräkningsresultaten visas i Tabell 3.2 och Figur 3.2.

Tabell 3.2 Sammanställning av beräkningsresultat som utgör underlag för interaktionsdiagram för dubbelsidigt ytförstärkt lättklinkervägg med egenskaper enligt Tabell 3.1. Gråmarkerade rader visar att dragarmeringen inte flyter (är elastisk).

x (m)	ε_s (-)	$\varepsilon_{s'}$ (-)	M (kNm)	N (kN)
0,017	0,0100	0,0011	4,38	-3,5
0,020	0,0082	0,0012	4,67	3,3
0,025	0,0062	0,0014	5,06	12,6
0,030	0,0048	0,0015	5,36	20,6
0,035	0,0038	0,0015	5,60	27,8
0,040	0,0031	0,0016	5,8	34,6
0,045	0,0025	0,0016	5,97	41,0
0,050	0,0021	0,0017	6,10	47,3
0,052	0,0019 (flytgräns)	0,0017	6,16	49,7
0,055	0,0017	0,0017	5,95	58,7
0,060	0,0014	0,0017	5,67	72,3
0,070	0,0009	0,0018	5,17	96,1
0,080	0,0006	0,0018	4,72	116,6
0,090	0,0003	0,0018	4,28	134,9
0,100	0,0001	0,0018	3,81	151,7

I Figur 3.2 visas interaktionsdiagram för det nyss beräknade tvärsnittet. I samma figur visas även interaktionsdiagram för samma murverk men andra armeringsavstånd. När armeringen placeras på centrumavstånd som är större än 200 millimeter, medför kravet på begränsning av töjningen i den dragna armeringen, $\varepsilon_s \leq \varepsilon_{su} = 0,010$, att tvärsnittet inte kan förstärkas för ren böjning ($N = 0$). Om det inte går att tillgodoräkna någon tryckande normalkraft, kan problemet lösas genom att välja ett mindre centrumavstånd mellan bistålen, det vill säga öka mängden förstärkning.



Figur 3.2 Interaktionsdiagram för dubbelsidigt förstärkt väggtvärsnitt belastat av normalkraft och moment. Lättklinkervägg förstärkt med bistål, geometri och materialegenskaper enligt Tabell 3.1.

Interaktionsdiagram för några andra kombinationer av lättklinkermurverk och förstärkningslösningar visas i Bilaga A.

3.2.5 Knäckning – elementkontroll

Bärförmågan hos en vägg belastad med normalkraft och böjmoment påverkas i stor utsträckning av väggens slankhet, efter principen ju slankare vägg desto lägre bärförmåga. För att avgöra om slankheten behöver beaktas i samband med dimensionering, använder man sig av slankhetstalet λ_c , vilket enligt murverkseurokoden SS-EN 1996-1-1, bestäms som

$$\lambda_c = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \quad (7)$$

där h_{ef} är väggens effektiva höjd, bestämd enligt avsnitt 5.5.1.2 medan t_{ef} är väggens effektiva tjocklek bestämd enligt avsnitt 5.5.1.3 i nämnd murverkseurokod. Vid bestämning av effektiva höjden får positiva effekter tillgodoräknas från avstyvande betongbjälklag samt eventuella tvärgående väggar som är sammanmurade med den aktuella väggen. Den effektiva tjockleken för en massiv vägg är lika med väggens faktiska tjocklek. Positiva effekter får tillgodoräknas när den aktuella väggen är sammanmurad eller styvt ihopkramlad med en annan väg, till exempel en tegelskalmur.

Slankhetens effekter på bärförmågan hos väggar belastade med normalkraft och moment ska beaktas om slankhetstalet $\lambda_c > 12$. När slankheten ska beaktas, görs det genom att justera

böjmomentet med hänsyn till andra ordningens effekter.

Andra ordningens effekter

Så kallade andra ordningens effekter medför att slanka väggar belastade av normalkraft och böjmoment utsätts för ett tillskottsmoment, vilket påskyndar väggens knäckning.

Murverkseurokoden SS-EN 1996-1-1, avsnitt 6.6.2 (7), beaktar andra ordningens effekter genom ett tilläggsmoment M_{ad} som beräknas enligt

$$M_{ad} = \frac{N_{Ed} \cdot h_{ef}^2}{2000 \cdot t} \quad (8)$$

där N_{Ed} är den dimensionerande normalkraften, h_{ef} är väggens effektiva höjd och t är dess tjocklek.

Det dimensionerande momentet M_{Ed} erhålls genom att tilläggsmomentet M_{ad} adderas till moment av excentrisk vertikal last och/eller moment av transversallast i kritiskt snitt vid knäckning, se murverkseurokoden SS-EN 1996-1-1. Det kritiska snittets läge avgörs av väggens inspänningsförhållanden. Vid fri uppläggning både i underkant och överkant är det kritiska snittet beläget vid halva vägghöjden.

Kontroll av bärförmågan med avseende på knäckning

När både den dimensionerande normalkraften N_{Ed} och det dimensionerande momentet M_{Ed} är kända, jämförs dessa med väggtvärsnittets bärförmåga N_{Rd} respektive M_{Rd} . Bärförmågan ska vara minst lika med eller större än lasteffekterna, det vill säga

$$(N_{Ed}, M_{Ed}) \leq (N_{Rd}, M_{Rd}) \quad (9)$$

Bärförmågan N_{Rd} och M_{Rd} bestäms enligt metod i avsnitt 3.2.3. Finns färdiga interaktionsdiagram för den aktuella väggen, kontrollerar man att punkten som bestäms av (N_{Ed}, M_{Ed}) hamnar inom området definierat av interaktionsdiagrammets axlar och den aktuella N-M kurvan.

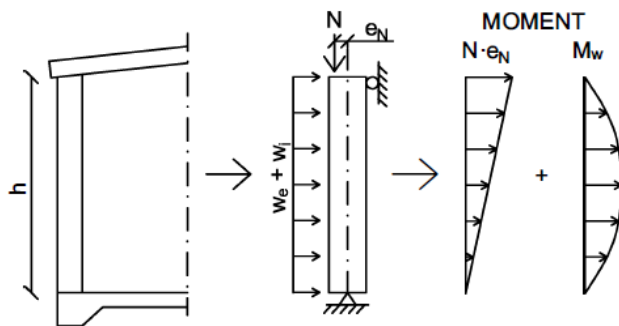
3.2.6 Kontroll av bärförmåga hos murpelare – exempel 2

Uppgiften är att kontrollera bärförmågan hos en murpelare som ingår i ytterväggen i en enplans villabyggnad. Murpelaren byggs av lättklinkermurverk, med ytförstärkning på både in- och utsidan. Materialegenskaper och förstärkning enligt Exempel 1, Tabell 3.1. Förutsättningar:

- Murpelaren byggs på betongplatta på mark.
- Geometri: höjd (längd) $L=2,6$ m; bredd $b=1000$ mm; tjocklek, inklusive förstärkningsputs $t=110$ mm.
- Murverkets dimensionerande tryckhållfasthet $f_d=1,33$ MPa; gränsstukning $\varepsilon_{mu}=0,002$.
- Förstärkningen består av bistål av typen Bi40ob, med $A_s=25$ mm²/bistål; dimensionerande sträckgräns $f_{yd}=385$ MPa; elasticitetsmodul $E_s=200$ GPa; flyttöjning $\varepsilon_{sy}=0,001925$; gränstöjning $\varepsilon_{su}=0,010$.
- Bistålet appliceras dikt an mot murverkets yta på ett centrumavstånd på $c=200$ mm och bäddas in i 10 mm förstärkningsputs hållfasthetsklass CS IV. Murpelarens båda sidor

förstärks med samma mängd armering. Effektiv höjd på dragen armering $d=102$ mm; effektiv höjd på tryckt armering $d'=8$ mm.

- För bedömning av bärförmågan kan interaktionsdiagram i Figur 3.2 användas.
- Karakteristiskt vindtryck $q_k=0,55$ kN/m². Vindlast påförs från en total medverkande bredd på 2,4 meter. Reduktionsfaktorn är $\Psi_{0,v}=0,3$.
- Taket är utformat som ett pulpettak med lutningen 5 grader. Den aktuella murpelaren ingår i långsida med lägst höjd. Taket tillför laster från en area med bredden 2,4 meter och djupet 4 meter. Takets karakteristiska egentynghet är $G_k=9,6$ kN.
- Snölastens karakteristiska värde, med hänsyn taget till takets formfaktor, är $S=11,5$ kN. Reduktionsfaktorn är $\Psi_{0,s}=0,6$.
- Laster från taket (egentyngd och snö) påförs med en minsta excentricitet motsvarande en sjättedel av tvärsnittets tjocklek, inklusive puts. Excentriciteten blir därmed $e_N=t/6=110/6=18$ mm, på ett sätt som förtydligas i Figur 3.3.



Figur 3.3 Lastförutsättningar för murpelare med excentrisk normallast och transversallast av vind

För att avgöra om hänsyn behöver tas till murpelarens slankhet, beräknas slankhetstalet λ_c med hjälp av ekvation (7). Om man antar att murpelaren saknar stöd från tvärväggar, kan effektiva höjden sättas lika med den verkliga höjden, $h_{ef}=h=2,6$ m (SS-EN 1996-1-1, 5.5.1.2). Om murpelaren inte kramlas ihop med en skalmur, kan den effektiva tjockleken sättas lika med den verkliga tjockleken (SS-EN 1996-1-1, 5.5.1.3), $t_{ef}=t=0,11$ m. Slankhetstalet blir

$$\lambda_c = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} = \frac{2,6}{0,11} = 23,6$$

Slankhetstalet är större än 12, vilket betyder att hänsyn ska tas till slankhetens negativa inverkan genom införandet av ett tilläggsmoment M_{ad} (SS-EN 1996-1-1, 6.6.2(7)).

Murpelarens bärförmåga kommer nu att kontrolleras med avseende på följande tre lastfall:

- Normallast av egentynghet, snö som huvudlast, vind som övrig last
- Normallast av egentynghet, vind som huvudlast, snö som övrig last
- Enbart vindlast. Detta lastfall kan bli aktuellt vid stark vind som kan upphäva delar eller hela lasten från takets egentynghet. Murpelaren belastas av enbart böjande moment.

I alla beräkningar antas säkerhetsklass 2, vilket gör att partialkoefficienten är $\gamma_d=0,91$.

A. Egentyngd tak, snö huvudlast, vind övrig last

Dimensionerande normallast beräknas med hjälp av lastkombination STR B 6.10b

$$N_{Ed} = \gamma_d(1,2 \cdot G_k + 1,5 \cdot S) = 0,91 \cdot (1,2 \cdot 9,6 + 1,5 \cdot 11,5) = 26,2 \text{ kN}$$

Normallasten påförs med en excentricitet $e_N=0,018$ m, vilket anses även beakta effekterna av ofrivillig excentricitet e_{init} enligt SS-EN 1996-1-1, 5.5.1(4). Moment som belastar väggen beräknas i tre lägen – väggens överkant, mitthöjd (kritiskt snitt vid knäckning) samt väggens underkant.

$$M_{Ed}^{\ddot{o}k} = N_{Ed} \cdot e_N = 26,2 \cdot 0,018 = 0,47 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_{E,0}^{mitt} &= 0,5 \cdot M_{Ed}^{\ddot{o}k} + \gamma_d \cdot 1,5 \cdot \psi_{0,v} \cdot q_k(c_{pe,10,E} + c_{pi}) \cdot b_{infl} \cdot L^2/8 \\ &= 0,5 \cdot 0,47 + 0,91 \cdot 1,5 \cdot 0,3 \cdot 0,55 \cdot (0,3 + 0,2) \cdot 2,4 \cdot 2,6^2/8 = 0,46 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momentet vid mitthöjd $M_{E,0}^{mitt}$ är första ordningens moment. För att ta hänsyn till murpelarens slankhet beräknas ett tilläggsmoment enligt SS-EN 1996-1-1, 6.6.2(7)

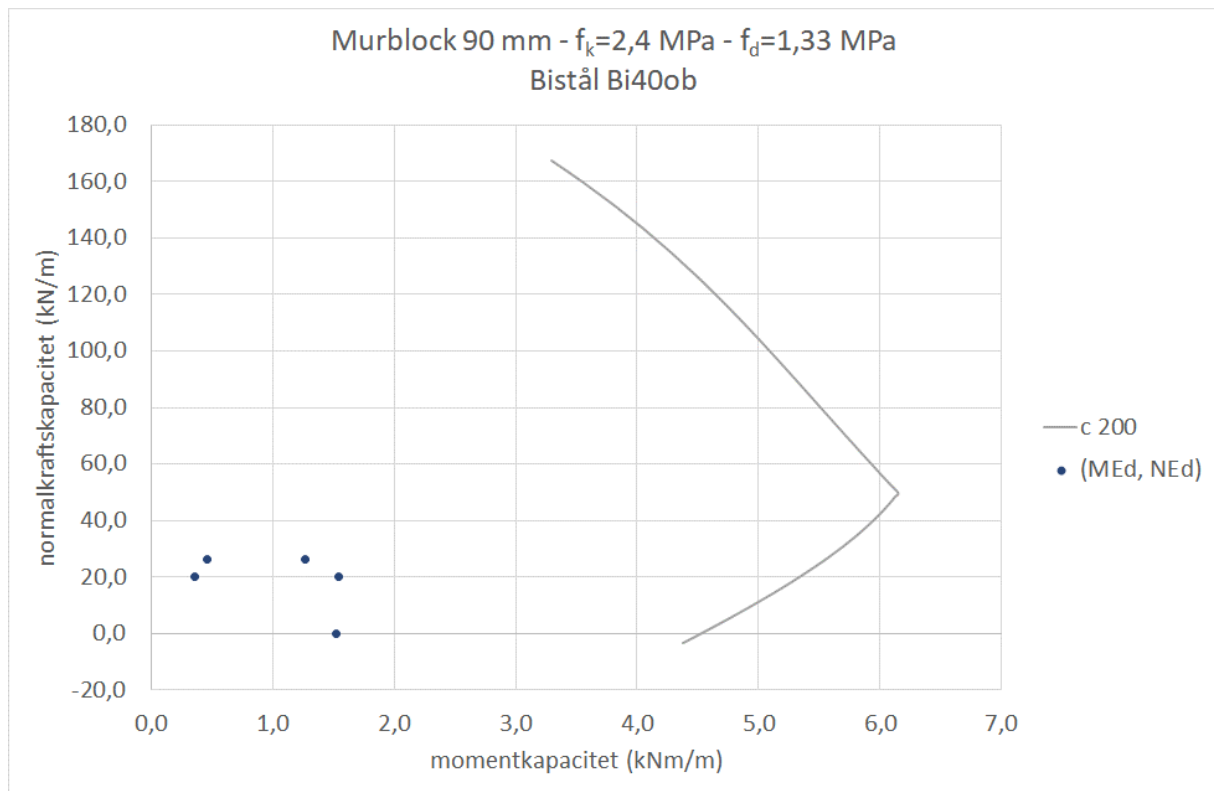
$$M_{ad} = \frac{N_{Ed} \cdot h_{ef}^2}{2000 \cdot t} = \frac{26,2 \cdot 2,6^2}{2000 \cdot 0,11} = 0,81 \text{ kNm}$$

Det dimensionerande momentet, med hänsyn tagen till andra ordningens effekter beräknas som

$$M_{Ed}^{mitt} = M_{E,0}^{mitt} + M_{ad} = 0,46 + 0,81 = 1,27 \text{ kNm}$$

Momentet vid väggens underkant kan sättas till noll (eftersom oförankrat murverk inte tar någon böjspänning vid upplaget), vilket gör att vidare kontroller i detta läge inte behövs.

Två kontroller görs, varav den första avser lasterna vid väggens överkant (N_{Ed} ; $M_{Ed}^{\ddot{o}k}$) = (26,2 kN; 0,47 kNm). Punkten som bestäms av (N_{Ed} ; $M_{Ed}^{\ddot{o}k}$) = (26,2 kN; 0,47 kNm) markeras i interaktionsdiagrammet i Figur 3.3, vilken togs fram i Exempel 1. Punkten hamnar inom området definierat av interaktionsdiagrammets axlar och den aktuella N-M kurvan, vilket betyder att lasterna är lägre än murpelarens bärförmåga. Murpelaren klarar den aktuella lastkombinationen.



Figur 3.3 Interaktionsdiagram för murpelare i Exempel 1. Dimensionerande lastkombinationer (M_{Ed} ; N_{Ed}) i Exempel 2 är markerade med blå punkter. Armering på c250 mm hade också gett tillräcklig kapacitet.

Den andra kontrollen avser kritiskt snitt med avseende på knäckning, i det här fallet vid mitthöjd - (N_{Ed} ; M_{Ed}^{mitt}) = (26,2 kN; 1,27 kNm). Även den här punkten hamnar inom det säkra området i interaktionsdiagrammet i Figur 3.3, vilket innebär att murpelaren klarar den aktuella lastkombinationen.

B. Egentyngd tak, vind huvudlast, snö övrig last

$$N_{Ed} = \gamma_d (1,2 \cdot G_k + 1,5 \cdot S \cdot \psi_0) = 0,91 \cdot (1,2 \cdot 9,6 + 1,5 \cdot 11,5 \cdot 0,6) = 19,9 \text{ kN}$$

$$M_{Ed}^{\ddot{o}k} = N_{Ed} \cdot e_N = 19,9 \cdot 0,018 = 0,36 \text{ kNm}$$

$$M_{E,0}^{mitt} = 0,5 \cdot M_{Ed}^{\ddot{o}k} + \gamma_d \cdot 1,5 \cdot q_k (c_{pe,10,E} \mp c_{pi}) \cdot b_{infl} \cdot L^2 / 8$$

$$= 0,5 \cdot 0,36 + 0,91 \cdot 1,5 \cdot 0,55 \cdot (0,3 + 0,2) \cdot 2,4 \cdot 2,6^2 / 8 = 0,94 \text{ kNm}$$

$$M_{ad} = \frac{N_{Ed} \cdot h_{ef}^2}{2000 \cdot t} = \frac{19,9 \cdot 2,6^2}{2000 \cdot 0,11} = 0,61 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed}^{mitt} = M_{E,0}^{mitt} + M_{ad} = 0,94 + 0,61 = 1,55 \text{ kNm}$$

Båda lastkombinationerna (N_{Ed} ; $M_{Ed}^{\ddot{o}k}$) = (19,9 kN; 0,36 kNm) respektive (N_{Ed} ; M_{Ed}^{mitt}) = (19,9 kN; 1,55 kNm) är mindre än bärförmågan enligt interaktionsdiagram i figur 3.3.

C. Enbart vindlast

$$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{Ed}^{mitt} &= \gamma_d \cdot \frac{1}{8} \cdot 1,5 \cdot q_k (c_{pe,10,E} - c_{pi}) \cdot b_{infl} \cdot L^2 \\ &= 0,91 \cdot \frac{1}{8} \cdot 1,5 \cdot 0,55 \cdot (0,7 - (-0,3)) \cdot 2,4 \cdot 2,6^2 = 1,52 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Även lastkombinationen $(N_{Ed}; M_{Ed}^{mitt}) = (0 \text{ kN}; 1,52 \text{ kNm})$ är mindre än bärförmågan enligt interaktionsdiagram i figur 3.3.

3.2.7 Förankring av lyftkrafter

Ytförstärkning fungerar effektivt för att vid behov mobilisera egentyngden hos murpelare mot lyftkrafter av till exempel vind.

Lyft uppträder ofta samtidigt som murpelaren belastas av böjmoment. För murpelaren i Exempel 2 kan bärförmågan för samtidigt verkande lyftkraft och böjmoment bestämmas med hjälp av Figur 3.3. Observera att normalkraftskapacitet med avseende på lyft visas med negativt tecken.

3.3 Transversalbelastade väggar

3.3.1 Bakgrund

Vid låga vertikallaster kan dimensionering av murade väggar genomföras genom att enbart beakta belastning i transversal riktning. Enligt svensk praxis räknas den vertikala lasten som låg om den är lägre än 10 procent av den aktuella väggens lastkapacitet med avseende på böjknäckning vid en lastexcentricitet motsvarande 5 procent av tvärsnittstjockleken. Gränsen avseende den vertikala lastens storlek i förhållande till knäcklasten bör ses som ett riktvärde; motsvarande gräns i Danmark är satt till 15 procent.

Transversalbelastade murade väggars bärförmåga ska kontrolleras med avseende på böjmoment- respektive tvärkraft.

3.3.2 Oarmerade väggar

Metod för att kontrollera bärförmågan hos transversalbelastade väggar väljs beroende på om väggen innehåller betydande öppningar. Som betydande öppning räknas en öppning med höjd respektive bredd vilka är större än en fjärdedel av väggens höjd respektive längd. Detta innebär att dörrar i våningshöga väggar utgör en betydande öppning.

Oarmerade väggar utan betydande öppningar

I murverkseurokoden SS-EN 1996-1-1 finns en metod baserad brottlinjeanalogi där böjmomenten av jämnt utbredd transversallast i väggar upplagda längs tre eller fyra stöd beräknas baserat på förhållandet mellan väggens längd och höjd samt förhållandet mellan murverkets böjhållfastheter i de två huvudriktningarna. Metoden gäller för väggar med en tjocklek upp till 250 millimeter. Denna metod har stora likheter med den så kallade

standardmetoden eller tabellmetoden som används för dimensionering av plattor i armerad betong.

För en mer ingående beskrivning av metoden hänvisas till SS-EN 1996-1-1, avsnitten 5.5.5 och 6.3.1 samt Bilaga E. Metoden beskrivs i räkneexempel nummer 4 i avsnitt 4.3 i handboken ”Utformning av murverkskonstruktioner enligt Eurokod 6”, med M. Molnár och T. Gustavsson som författare.

Oarmerade väggar med betydande öppningar - brottlinjemetoden

När man har att göra med väggar med betydande öppningar, kan brottlinjemetoden eller metoder baserade på finit elementmodellering (FEM) användas. Nedan ges en kort presentation av brottlinjemetoden. För mer ingående behandling av metoden, se skriften ”Betongplattor: teori och dimensioneringsmetoder” av M. Nilsson, Th. Olofsson och J-E. Jonasson från 2012.

Brottlinjemetoden används vid dimensionering i brottgränstillståndet, främst för dimensionering av armerade betongplattor. Metoden bygger på principen att det råder jämvikt mellan å ena sidan det mekaniska arbete som sker när plattan spricker upp och deformeras under inverkan av den yttre lasten (yttre arbete A_y) och å andra sidan det arbete som momentet ger upphov till längs brottlinjerna när de olika plattdelarna vinkeländras i förhållande till varandra (inre arbete A_i).

Det yttre arbetet A_y beräknas enligt följande princip:

$$A_y = \text{kraft} \cdot \text{deformation} = \text{ytlast} \cdot \text{area} \cdot \text{deformation} = \text{ytlast} \cdot \text{volym} \quad (10)$$

Det inre arbetet A_i längs en brottlinje beräknas som produkten av momentkapaciteten i brottlinjen och tillhörande vinkeländring. Det inre arbetet för hela väggen fås genom summering av arbetet i de aktuella brottlinjerna. I fallet med sneda brottlinjer räknar man med arbetet längs brottlinjens vertikala respektive horisontella projektion. Beräkningen görs enligt följande:

$$A_i = \sum m_{Rd1} \cdot \theta_y \cdot L_x + \sum m_{Rd2} \cdot \theta_x \cdot L_y \quad (11)$$

där m_{Rd1} och m_{Rd2} är momentkapaciteten (kNm/m) vid böjning parallellt med (horisontal spricka) respektive vinkelrätt mot (vertikal spricka) liggfogarna; θ_x och θ_y är vinkeländringen i radianer längs brottlinjer som löper i x och y-led; L_x och L_y är längden på brottlinjernas projektion i x och y-led.

Brottlinjemetoden är en så kallad övre gränsvärdesmetod och kan ge resultat på osäkra sidan. För att brottlinjemetoden ska ge rimliga resultat vid dimensionering av transversalbelastade murade väggar krävs att:

- Antaget sprickmönster är rimligt, vilket innebär bland annat att den deformerade kropp som uppkommer på grund av den yttre lasten är geometriskt sammanhängande. För en vägg som har stöd längs fyra kanter, utgör ett så kallat brevkuvertmönster, där sprickor utgår från hörnen och förenas i väggens centrala delar, ett rimligt antagande. Plötsliga språng mellan angränsande väggdelar ger fel resultat.
- Sidorna på den uppkomna kroppen antas vara odeformerade mellan sprickorna. Detta betyder att en kvadratisk vägg upplagd på fyra stöd spricker upp längs diagonalerna och ger därmed upphov till en pyramid med basen lika med väggen och höjden lika med

deformationen i pyramidens topp (botten). En rektangulär vägg deformeras till antingen en pyramid eller två halvpysamider och en prisma.

- Deformationsmönstret som ger lägst yttre arbete ligger närmast den exakta lösningen. Teoretisk bör alltså flera tänkbara deformationsmönster kontrolleras men konstruktörer med viss erfarenhet brukar ofta redan efter ett steg hitta en rimlig lösning.
- Det inre arbetet i horisontella sprickor sätts till noll, vilket motiveras med murverks låga hållfasthet vid böjning parallellt med liggfogarna (f_{x1}). Antagandet bidrar dessutom till att få resultat på säkra sidan, se föregående punkt.

Metoden exemplifieras i räkneexempel nummer 5 i avsnitt 4.3 i handboken ”Utformning av murverkskonstruktioner enligt Eurokod 6”, med M. Molnár och T. Gustavsson som författare.

3.3.3 Ytarmerade lättklinkerväggar med betydande öppningar – brottlinjemetoden

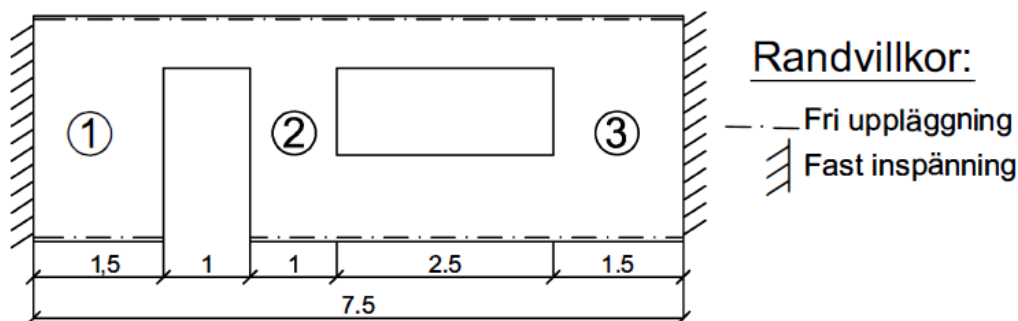
När det uppstår behov av att förstärka transversalbelastat murverk genom ytarmering, innebär den traditionella tillämpningen av brottlinjemetoden att de olika murpelarna i väggen förstärks med samma mängd armering. Det är emellertid rimligt att beakta att murpelare med ett vertikalt stöd – till exempel vid hörn eller tvärgående väggar – uppvisar större transversell lastkapacitet jämfört med enkelspända murpelare. Enkelspända murpelare belastas dessutom ofta hårdare än murpelare vid hörn, eftersom influensytan för enkelspända pelare ofta är större.

I Exempel 3 i avsnitt 3.3.4 beräknas därför behovet av ytförstärkning på två sätt:

- A. Genom att beräkna laster och motstånd separat för varje murpelare. Detta beräkningssätt kan anses ge en mer rationell fördelning av förstärkningen, eftersom mer förstärkning läggs i hårt belastade enkelspända murpelare.
- B. Traditionellt, genom att med brottlinjemetod beräkna ett genomsnittligt förstärkningsbehov för alla murpelare.

3.3.4 Beräkning av behovet av ytförstärkning i transversalbelastad vägg – exempel 3

Lättklinkerväggen för vilken behovet av ytförstärkning med avseende på transversalbelastning av vind i brottgränstillståndet ska kontrolleras visas i Figur 3.4.

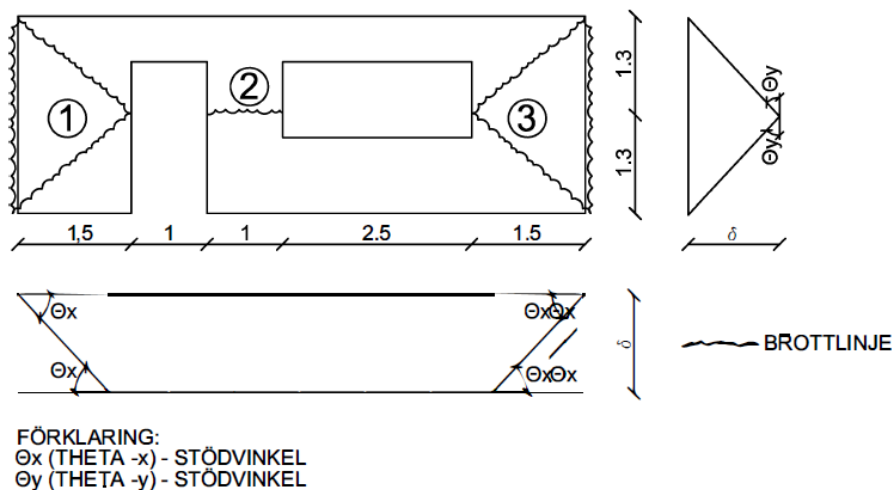


Figur 3.4 Transversalbelastad lättklinkervägg med öppningar

Förutsättningar:

- Väggen belastas av enbart transversal last av vind; dimensionerande transversal last i brottgränstillståndet $q_{Ed} = 0,83 \text{ kN/m}^2$;
- Väggens horisontala stöd består av platta på mark samt takskiva. Längs de vertikala kanterna är väggen sammanmurad med tvärgående lättklinkerväggar av samma typ.
- Väggen byggs med lättklinkerblock med egenskaper och förstärkning som i Exempel 1 i denna handbok.
- Det oarmerade murverkets dimensionerande böjhållfasthet vid böjning parallellt med liggfogarna (vertikal spricka) är $f_{xd2} = 0,3/1,8 = 0,167 \text{ MPa}$; murverkets böjhållfasthet vid böjning vinkelrätt mot liggfogarna (horisontell spricka) f_{xd1} försummas, vilket är ett antagande som är på säkra sidan. Den bristande böjkapaciteten i den här riktningen kompenseras med vertikal ytförstärkning.
- Ytförstärkningen bör bestå av bistål av typen Bi40ob, med $A_s = 25 \text{ mm}^2/\text{bistål}$; dimensionerande sträckgräns $f_{yd} = 385 \text{ MPa}$; elasticitetsmodul $E_s = 200 \text{ GPa}$; flyttöjning $\varepsilon_{sy} = 0,001925$; gränstöjning $\varepsilon_{sy} = 0,010$.

Vi antar att väggen spricker upp enligt ett brevkuvertformat mönster som visas i Figur 3.5.



Figur 3.5 Brottlinjer i lättklinkervägg med öppningar

A. Beräkning genom att betrakta enskilda murpelare

Murverkets momentkapacitet m_{Rd2} (kNm/m) vid böjning vinkelrätt mot liggfogarna beräknas som

$$m_{Rd2} = f_{xd2} \cdot Z = f_{xd2} \cdot \frac{t^2}{6} = 0,167 \text{e}6 \cdot \frac{0,11^2}{6} = 0,34 \text{ kNm/m}$$

Det oarmerade murverkets momentkapacitet m_{Rd1} försummas. Bristen på böjkapacitet bör kompenseras med ytförstärkning $m_{Rd1,f}$.

Från antaget brottlinjemönster i Figur 3.5, bestäms stödvinkeländringarna θ_x och θ_y

$$\theta_x = \frac{\delta}{1,5}; \quad \theta_y = \frac{\delta}{1,3}$$

där δ är en fiktiv sträcka med vilken väggen deformeras i transversal riktning under inverkan av den transversala lasten q_{Ed} .

Murpelare vid vänster hörn (MP1)

Lasten utgörs av vind som träffar murpelaren direkt samt halva dörrytan, vilket innebär att det yttre arbetet beräknas som

$$A_{y1} = q_{Ed} \cdot volym_{MP1} = q_{Ed} \cdot (volym_{pyramid} + volym_{prisma}) = q_{Ed} \cdot \left(l \cdot h \cdot \frac{\delta}{3} + l \cdot h \cdot \frac{\delta}{2} \right) = 0,83 \frac{kN}{m^2} \cdot \left(1,5 m \cdot 2,6 m \cdot \frac{\delta}{3} m + \frac{1,0}{2} m \cdot 2,6 m \cdot \frac{\delta}{2} m \right) = 1,6185 \cdot \delta \text{ kNm}^2/m$$

Inre arbetet utförs i den vertikala sprickan samt de sneda sprickornas vertikala och horisontala projektion:

$$A_{i1} = m_{Rd2} \cdot \theta_x \cdot 2 \cdot l_y + m_{Rd1,f} \cdot \theta_y \cdot 2 \cdot l_x = 0,34 \frac{kNm}{m} \cdot \frac{\delta}{1,5} \cdot 2 \cdot 2,6 m + m_{Rd1,f} \cdot \frac{\delta}{1,3} \cdot 2 \cdot 1,5 m = 1,1787 \cdot \delta + 2,3077 \cdot m_{Rd1,f} \cdot \delta \text{ kNm}^2/m$$

Ur villkoret $A_{y1}=A_{i1}$ beräknas den erforderliga momentkapaciteten hos ytarmeringen i vänstra murpelaren till

$$m_{Rd1,f} = \frac{(1,6185 - 1,1787)}{2,3077} = 0,19 \text{ kNm/m}$$

Som väntat, är behovet av ytförstärkning för den hörnstödda vänstra murpelaren (MP1) mycket låg.

Murpelaren mellan dörr och fönster (MP2)

Lasten som belastar murpelare MP2 fångas upp från en influensyta bestående av, från vänster räknat, halva dörrytan, murpelarens yta och halva fönsterytan. Det yttre arbetet beräknas som

$$A_{y2} = q_{Ed} \cdot volym_{prisma} = q_{Ed} \cdot \left(l \cdot h \cdot \frac{\delta}{2} \right) = 0,83 \frac{kN}{m^2} \cdot \left(\frac{1,0}{2} + 1,0 + \frac{2,5}{2} \right) m \cdot 2,6 m \cdot \frac{\delta}{2} m = 2,9673 \cdot \delta \text{ kNm}^2/m$$

Inre arbete utförs bara i den horisontala sprickan i murpelaren

$$A_{i2} = m_{Rd1,f} \cdot 2 \cdot \theta_y \cdot l_x = m_{Rd1,f} \cdot 2 \cdot \frac{\delta}{1,3} \cdot 1,0 m = 1,5385 \cdot m_{Rd1,f} \cdot \delta \text{ kNm}^2/m$$

Ur villkoret $A_{y2}=A_{i2}$ beräknas den erforderliga momentkapaciteten hos ytarmeringen i vänstra murpelaren till

$$m_{Rd1,f} = \frac{2,9673}{1,5385} = 1,93 \text{ kNm/m}$$

Murpelare MP2 bör ytförstärkas för ett moment motsvarande 1,93 kNm/m.

Murpelare vid höger hörn (MP3)

Influensytan för lastupptagning för murpelare MP3 är något större än för murpelare MP1. Yttre arbetet beräknas som

$$A_{y3} = q_{Ed} \cdot volym_{MP3} = q_{Ed} \cdot (volym_{pyramid} + volym_{prisma}) = 0,83 \frac{kN}{m^2} \cdot \left(1,5 m \cdot 2,6 m \cdot \frac{\delta}{3} m + \frac{2,5}{2} m \cdot 2,6 m \cdot \frac{\delta}{2} m \right) = 2,4278 \cdot \delta \frac{kNm^2}{m}$$

Inre arbetet i murpelare MP3 skrivs i samma form som i murpelare MP1

$$A_{i3} = 1,1787 \cdot \delta + 2,3077 \cdot m_{Rd1,f} \cdot \delta \frac{kNm^2}{m}$$

Ur villkoret $A_{y1}=A_{i1}$ beräknas den erforderliga momentkapaciteten hos ytarmeringen i vänstra murpelaren till

$$m_{Rd1,f} = \frac{(2,4278 - 1,1787)}{2,3077} = 0,54 \frac{kNm}{m}$$

Behovet av förstärkning för de tre murpelarna visas i Tabell 3.3, se även Figur 3.2

Tabell 3.3 Förstärkningsbehov av murpelarna i Exempel 3, enligt beräkningsmetod A.

Murpelare	Erforderlig momentkapacitet (kNm/m)	Centrumavstånd ytförstärkning Bi40ob (mm)
MP1 – vänster hörn	0,19	250
MP2 – mellan dörr och fönster	1,93	250
MP3 – höger hörn	0,54	250

Observera att beräkningen har genomförts genom att anta murpelarna är belastade av enbart transversal last, vilket är på säkra sidan. Om hänsyn tas till eventuell vertikal last, minskar behovet av ytarmering. Vid en vertikal last på 10 kN/m ändras kravet på centrumavstånd till 400 millimeter.

B. Beräkning av ett genomsnittligt förstärkningsbehov

Beräkning av yttre och inre arbete görs enligt samma arbetsgång som tidigare (metod A). Detta innebär att yttre respektive inre arbetet för väggen i sin helhet kan beräknas som summan av yttre respektive inre arbete för de tre delområdena

$$A_y = A_{y1} + A_{y2} + A_{y3} = 1,6185 \cdot \delta + 2,9673 \cdot \delta + 2,4278 \cdot \delta = 7,0136 \cdot \delta$$

$$\begin{aligned}
A_i &= A_{i1} + A_{i2} + A_{i3} \\
&= 1,1787 \cdot \delta + 2,3077 \cdot m_{Rd1} \cdot \delta + 1,5385 \cdot m_{Rd1,f} \cdot \delta + 1,1787 \cdot \delta + 2,3077 \\
&\quad \cdot m_{Rd1,f} \cdot \delta = 2,3574 \cdot \delta + 6,1539 \cdot m_{Rd1,f} \cdot \delta
\end{aligned}$$

Yttre och inre arbete är i jämvikt, $A_y = A_i$, vilket ger:

$$7,0136 \cdot \delta = 2,3574 \cdot \delta + 6,1539 \cdot m_{Rd1,f} \cdot \delta$$

Deformationen δ förkortas bort och erforderlig momentkapacitet hos ytarmeringen beräknas som:

$$m_{Rd1,f} = \frac{7,0136 - 2,3574}{6,1539} = 0,76 \text{ kNm/m.}$$

Förstärkningslösning väljs genom beräkning av momentbelastat lättklinkertvärsnitt. Alternativt kan lämpligt N-M diagram användas, i det här fallet Figur 3.2. Bistål av typen Bi40ob, centrumavstånd 250 mm utgör en lämplig lösning. I likhet med beräkning enligt beräkningssätt A), kan hänsyn tas till gynnsam effekt från vertikal last.

Som redan nämnts i avsnitt 3.3.3, rekommenderas att beräkningssätt A används, eftersom armeringen fördelas mer rationellt till de mest belastade murpelarna. Mer armering i hårt belastade murpelare motverkar även uppkomst av bredare sprickor.

3.3.5 Ytförstärkta väggars tvärkraftskapacitet

Murade oarmerade väggars tvärkraftskapacitet beror på murverkets initiella skjuvhållfasthet f_{vk0} , eventuella tryckspänningar som verkar vinkelrätt mot skjuvriktningen samt tvärsnittsarean, se SS-EN 1996-1-1, avsnitt 3.6.2 och 6.2.

I ytarmerade murade väggar kan tvärkraftskapaciteten på säkra sidan beräknas på samma sätt som i oarmerade väggar. Man bortser därmed från ytarmeringens bidrag. Baserat på resultaten i forskningsprojekten om ytförstärkt murverk, bör följande beaktas:

- Förstärkningsputsen ger ett positivt bidrag till bärförmågan, vilket kan beaktas genom att beräkna väggens tjocklek som summan av murblockets och putslagrens tjocklek;
- I väggar med hålblock minska den beräkningsmässiga tvärkraftskapaciteten direkt proportionellt i förhållande till hålandelen i skjuvriktningen.

4 Byggnadsteknisk utformning

I det här kapitlet ger kortfattade råd till byggnadsteknisk utformning av ytförstärkta lättklinker- och tegelväggar. För ritningar, se Bilaga B respektive C.

4.1 Grund

För att undvika eventuella problem med rörelser rekommenderas i första hand att murverket ställs helt på betong alternativt massiva grundelement typ Alba balk eller liknande. Att ställa tunna murverk längst ut på L-element av EPS kan ge upphov till rörelser eller vinkeländringar som i sin tur kan leda till sprickor i murverket eller putsen. Mura aldrig fast första skiftet mot betongen utan använd glidskikt i form av exempelvis grundmurspapp. Detta för att undvika spänningar i murverket. När plattan gjuts görs med fördel en försänkt klack på cirka 45 mm där murverket ska stå. Detta ger flera fördelar, bland annat mothåll mot horisontella krafter från motfyllning eller vind. Dessutom ger det extra fuktsäkerhet. Bilaga B, detalj L5-101 visar exempel på utformning av anslutning mellan grundplatta och lättklinkervägg. I Bilaga C, ritning T1 visas motsvarande detalj för tegelväggar.

4.2 Överbrygning av öppningar

Öppningar i ytterväggar överbryggas normalt med prefabricerade balkar. Dessa finns i olika längder för respektive väggdjocklek. Prefabricerade Leca-balkar fungerar bra för mindre öppningar upp till cirka 3 meter. Eftersom de tillverkas av lättballastbetong innebär det dock att lastkapaciteten är relativt begränsad vid större öppningar. Om ytterväggen utsätts för stora vertikala laster eller om det förekommer större öppningar kan i stället betongbalk gjutas på plats. Ytterligare ett alternativ är användning av fyrkantsbalk i stål. Det ger bra lastkapacitet samtidigt som det ger bra upplag för murverket ovanför. Fyrkantsbalk i stället för I- eller H- balk underlättar senare arbete med puts och isolering. Bilaga B, detalj L5-102 visar exempel på en fönsteranslutning i lättklinkervägg. I Bilaga C, ritning T2 visas motsvarande detalj för tegelväggar.

4.3 Anslutning mot bjälklag eller tak

När massiva bjälklag av typen platsgjuten betong eller prefabricerade betongelement används, ställs bjälklaget på murverket. Använd alltid ett materialavskiljande skikt vid materialövergångar, exempelvis grundmurspapp.

Om bjälklaget eller taket är en regelkonstruktion, kan detta utföras på två olika sätt. Enligt det första alternativet utförs murkrönet på samma sätt som vid massiva bjälklag men med den skillnaden att ett hammarband läggs ovanpå murverket och reglarna skruvas i hammarbandet. Om behov finns att ta upp lyftkrafter från takkonstruktionen som kan uppstå på grund av vindsug, kan hammarbandet förankras längre ner i konstruktionen genom att armering viks över hammarbandet och putsas in på ytan av murverket. Bilaga B, detalj L5-103 visar exempel på anslutning mellan lättklinkervägg och tak. I Bilaga C, ritning T3 visas motsvarande detalj för tegelväggar.

Andra alternativet är att muren går förbi bjälklaget. I det här fallet görs urtag i murverket där bjälkarna läggs upp. Tänk även här på materialavskiljande skikt mellan träregel och murverk. Denna metod är särskilt lämplig vid mellanbjälklag då murverket fortsätter ytterligare en våning.

4.4 Skydd mot brand

Om murverket isoleras med mineralull (glasull eller stenull) samt putsas alternativt förses med en dubblemur är ytterväggskonstruktionen helt obrännbar. Vertikalarmeringen på utsidan är väl skyddad av mineralullen men om väggen behöver stå emot brand är det viktigt att även skydda den inre vertikalarmeringen. Bästa sättet att göra detta på är att limma ett lager gips (13 mm) alternativt putsa väggen med minst 13 mm Gipsbruk. På så vis uppfyller väggen minst REI 30. För längre brandmotstånd kan tjockare lager appliceras.

4.5 Ljudegenskaper

Enbart murverket kan ge problem att uppfylla ljudkraven. I kombination med isolering och puts erhålls däremot en god ljudreduktion. Viktigt är dock att tänka på flanktransmission, framför allt mellan lägenheter. Då krav på ljudreduktion finns rekommenderas kontakt med akustiker.

Referenser

Boverket – EKS12. Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder). BFS 2011:10 med ändringar till och med BFS 2022:4.

J. Jönsson och M. Molnár – Förstärkning av murade väggar genom armering av stålnät. Resultat från experimentella studier och beräkningar. Rapport TVBK-3069, Lunds tekniska högskola, 2018. ISBN 978-91-87993-08-4.

M. Molnár med flera – Energy efficient buildings by use of reinforced masonry walls. An experimental study. Report 3077, Lunds tekniska högskola, 2021. ISBN 978-91-87993-19-0.

M. Molnár och T. Gustavsson – Utformning av murverkskonstruktioner enligt Eurokod 6. Svensk Byggtjänst, 2016. ISBN 978-91-7333-794-6.

J. Niklewski med flera - Tjugo procent lägre U-värde med förstärkta murade väggar. Bygg & teknik, 2/21.

M. Nilsson med flera – Betongplattor. Teori och dimensioneringsmetoder. Luleå tekniska universitet, Skrift 1996:08, utgåva 2006.

SIS - Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader. SS-EN 1992-1-1:2005.

SIS - Eurokod 6: Dimensionering av murverkskonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler för armerade och oarmerade murverkskonstruktioner. SS-EN 1996-1-1:2005+A1:2012.

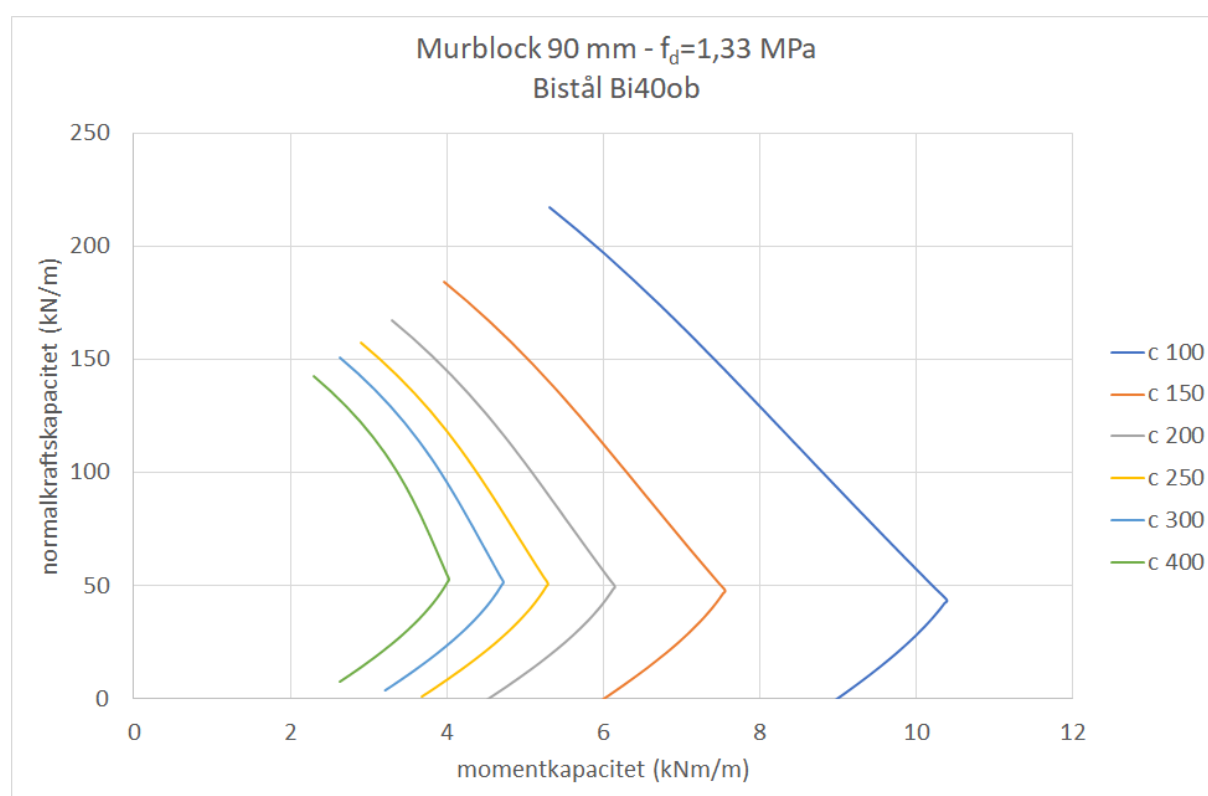
Bilaga A

Interaktionsdiagram för samtidigt verkande böjmoment och normalkraft

A1 Traditionellt murade Leca murblock

Tabell A1.1 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med obehandlat bistål av typen Bi40ob

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 10 + 10 mm förstärkningsputs	t (mm)	110	Leca murblock med tjocklek 90 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=2,4$ MPa)	f_d (MPa)	1,33	Massiva murblock i hållfasthetsklass 3 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränsstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,002	Traditionell murning med murbruk M2,5
Bistål av typen Bi40ob	$A_s = A'_s$ (mm ²)	25/bistål	Obehandlat stål
Sträckgräns ($f_{yk}=500$ MPa)	f_{yd} (MPa)	385	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	200	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,001925	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	102	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	8	



Tabell A1.2 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med rostfritt bistål av typen Bi37rf

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 10 + 10 mm förstärkningsputs	t (mm)	110	Leca murblock med tjocklek 90 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=2,4$ MPa)	f_d (MPa)	1,33	Massiva murblock i hållfasthetsklass 3 MPa; materialparameter $\gamma_M=1,8$
Gränstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,002	Traditionell murning med murbruk M2,5
Bistål av typen Bi37rf	$A_s=A'_s$ (mm ²)	21,5/bistål	Rostfritt bistål
Sträckgräns ($f_{yk}=850$ MPa)	f_{yd} (MPa)	654	Materialparameter $\gamma_M=1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	200	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00327	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	102	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	8	

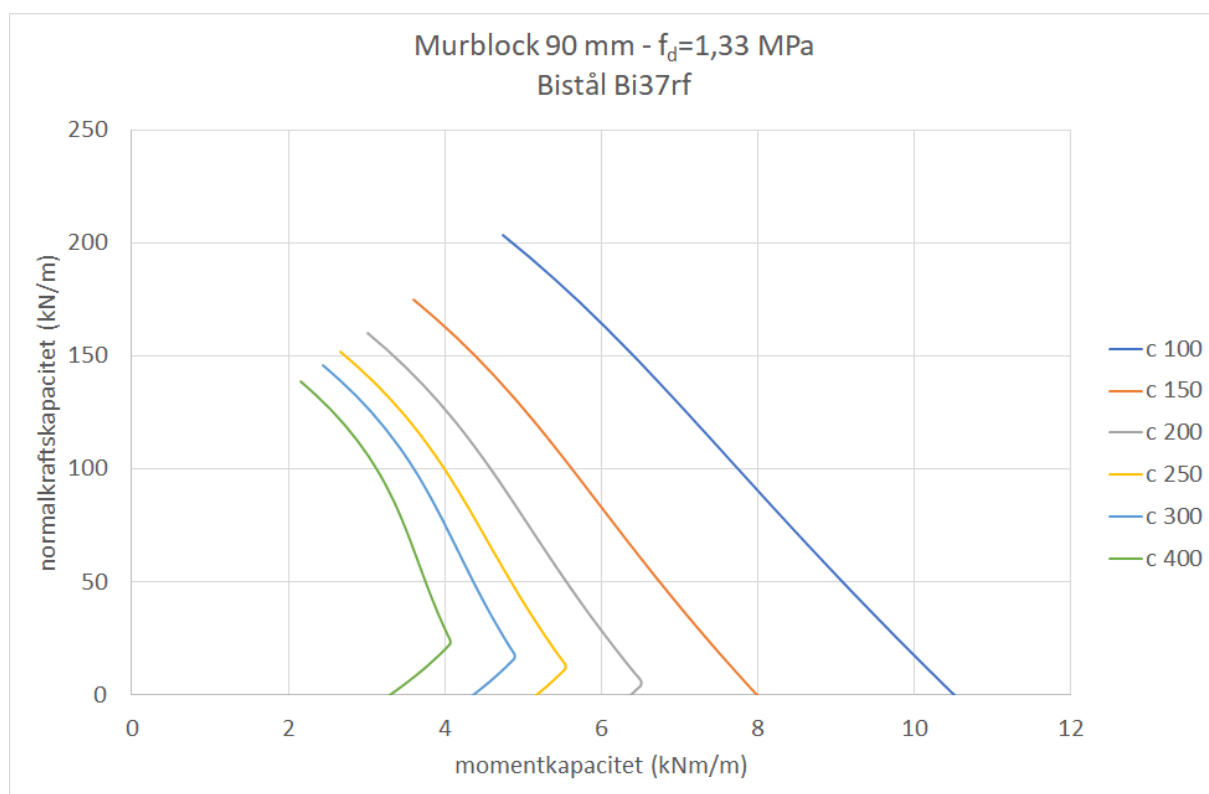


Diagram A1.2 Traditionellt murat Leca murblock 9 cm, hållfasthetsklass 3 MPa; ytförstärkning av rostfritt bistål av typen Bi37rf.

Tabell A1.3 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med armering av obehandlad vajer (remsor av höghållfast ståltråd) av typen Murverksarmering 40.

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 7 + 7 mm förstärkningsputs	t (mm)	104	Leca murblock med tjocklek 90 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=2,4$ MPa)	f_d (MPa)	1,33	Massiva murblock i hållfasthetsklass 3 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränsstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,002	Traditionell murning med murbruk M2,5
Murverksarmering 40 (vajer)	$A_s = A'_s$ (mm ²)	4,83/bistål	Remsor av obehandlad höghållfast ståltråd
Sträckgräns ($f_{yk}=1700$ MPa)	f_{yd} (MPa)	1308	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	180	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00727	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	98	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	6	

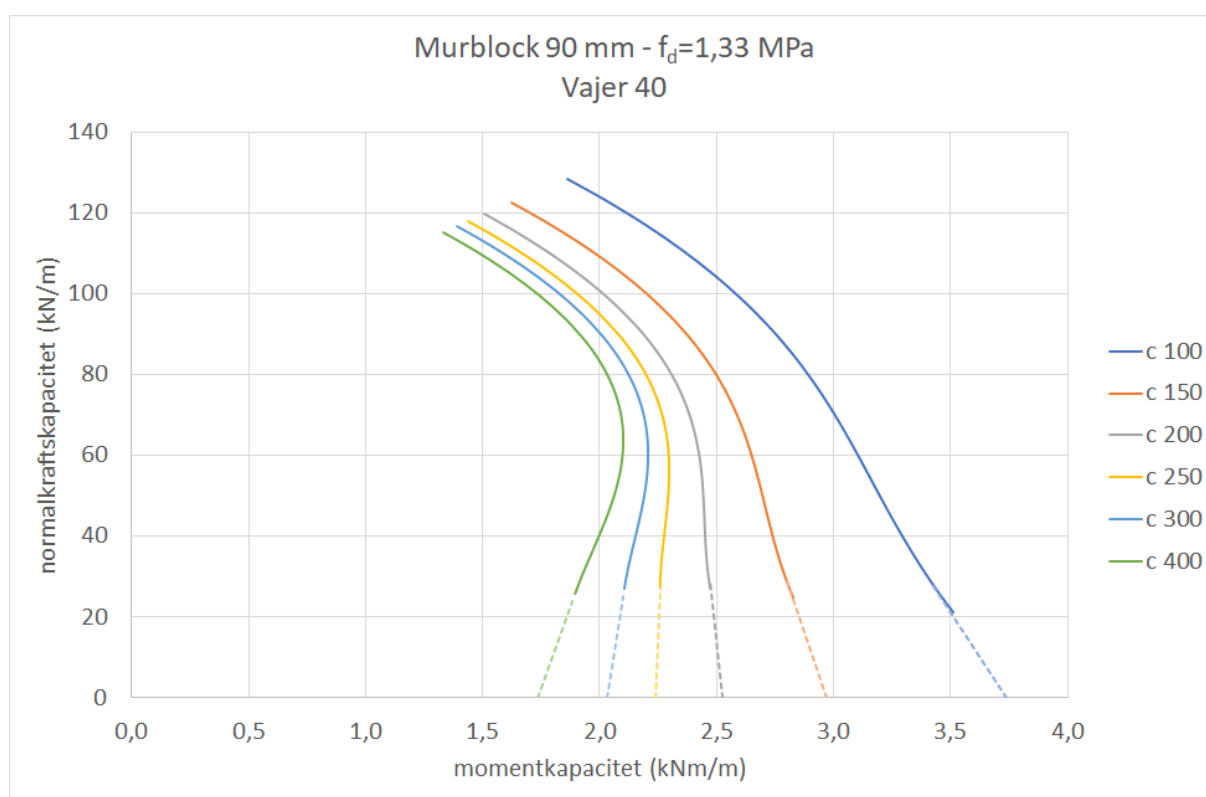


Diagram A1.3 Traditionellt murat Leca murblock 9 cm, hållfasthetsklass 3 MPa; ytförstärkning av obehandlad vajer armering av typen murverksarmering 40. Streckad linje utgör interpolering på säkra sidan.

Tabell A1.4 Väggtvärsnitt med dubbelsidig förstärkning med armering av rostfri vajer (remsor av höghållfast ståltråd) av typen Murverksarmering 35rf.

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 7 + 7 mm förstärkningsputs	t (mm)	104	Leca murblock med tjocklek 90 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=2,4$ MPa)	f_d (MPa)	1,33	Massiva murblock i hållfasthetsklass 3 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränsstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,002	Traditionell murning med murbruk M2,5
Murverksarmering 35rf (vajer)	$A_s = A'_s$ (mm ²)	4,83/bistål	Remsor av rostfritt höghållfast ståltråd
Sträckgräns ($f_{yk}=1300$ MPa)	f_{yd} (MPa)	1000	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	150	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00667	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	98	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	6	

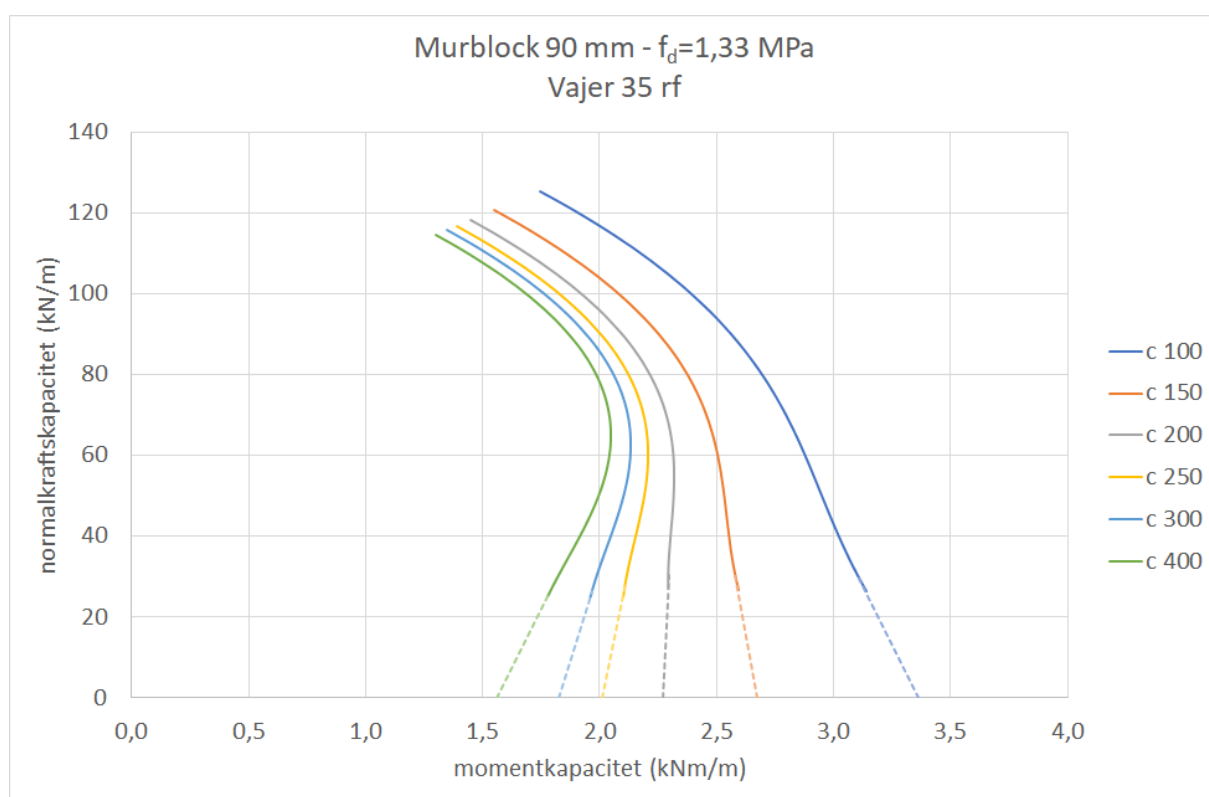
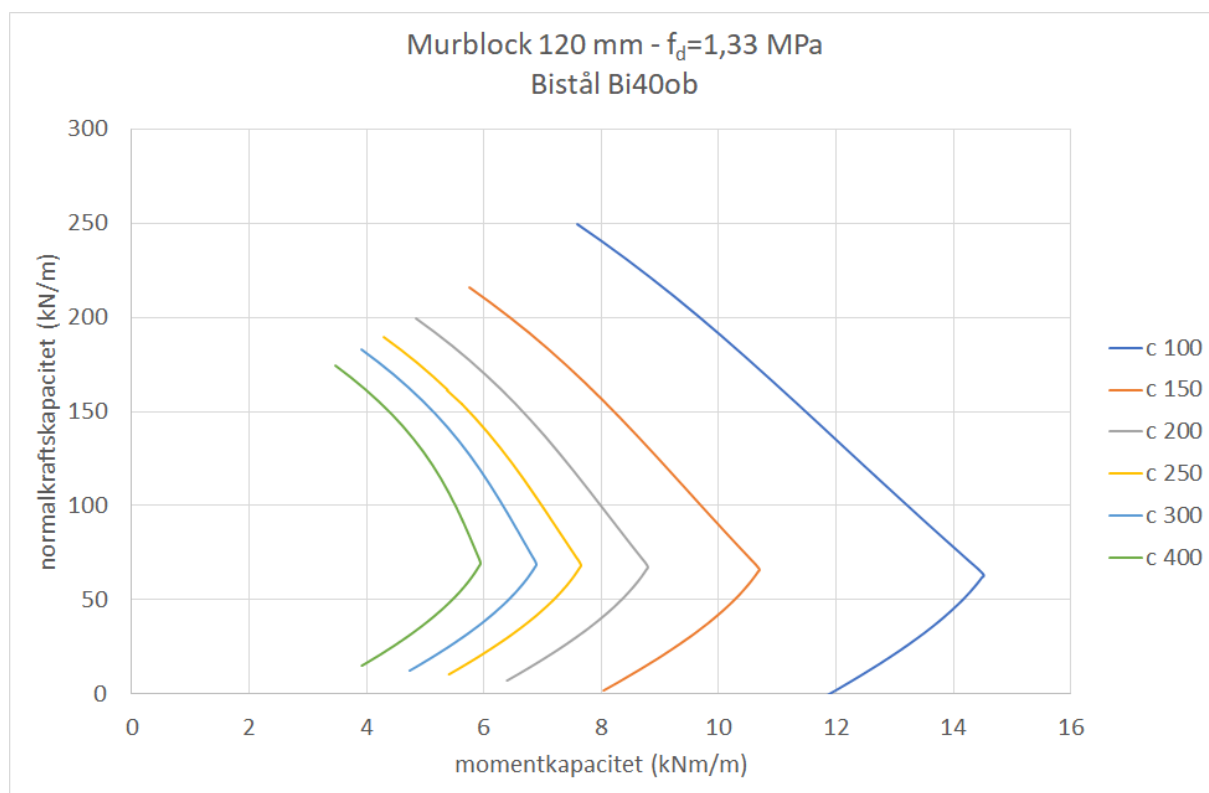


Diagram A1.4 Traditionellt murat Leca murblock 9 cm, hållfasthetsklass 3 MPa; ytförstärkning av rostfri vajerarmering av typen murverksarmering 37rf. Streckad linje utgör interpolering på säkra sidan.

Tabell A1.5 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med obehandlat bistål av typen Bi40ob

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 10 + 10 mm förstärkningsputs	t (mm)	140	Leca murblock med tjocklek 120 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=2,4$ MPa)	f_d (MPa)	1,33	Massiva murblock i hållfasthetsklass 3 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,002	Traditionell murning med murbruk M2,5
Bistål av typen Bi40ob	$A_s = A'_s$ (mm ²)	25/bistål	Obehandlat stål
Sträckgräns ($f_{yk}=500$ MPa)	f_{yd} (MPa)	385	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	200	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,001925	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	132	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	8	



Tabell A1.6 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med rostfritt bistål av typen Bi37rf

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 10 + 10 mm förstärkningsputs	t (mm)	140	Leca murblock med tjocklek 120 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=2,4$ MPa)	f_d (MPa)	1,33	Massiva murblock i hållfasthetsklass 3 MPa; materialparameter $\gamma_M=1,8$
Gränstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,002	Traditionell murning med murbruk M2,5
Bistål av typen Bi37rf	$A_s=A'_s$ (mm ²)	21,5/bistål	Rostfritt bistål
Sträckgräns ($f_{yk}=850$ MPa)	f_{yd} (MPa)	654	Materialparameter $\gamma_M=1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	200	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00327	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	132	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	8	

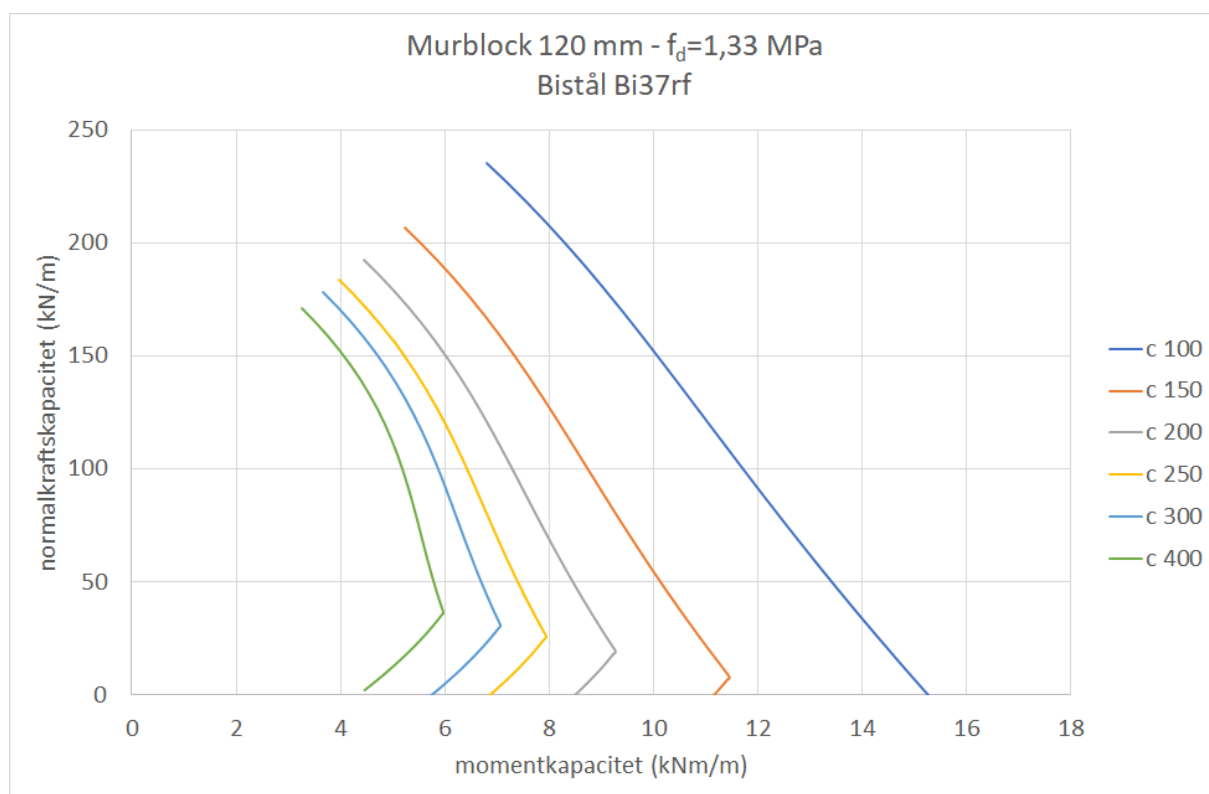


Diagram A1.6 Traditionellt murat Leca murblock 12 cm, hållfasthetsklass 3 MPa; ytförstärkning av rostfritt bistål av typen Bi37rf.

Tabell A1.7 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med armering av obehandlad vajer (remsor av höghållfast ståltråd) av typen Murverksarmering 40.

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 7 + 7 mm förstärkningsputs	t (mm)	134	Leca murblock med tjocklek 120 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=2,4$ MPa)	f_d (MPa)	1,33	Massiva murblock i hållfasthetsklass 3 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränststukning murverk	ε_{mu} (-)	0,002	Traditionell murning med murbruk M2,5
Murverksarmering 40 (vajer)	$A_s = A'_s$ (mm ²)	4,83/bistål	Remsor av obehandlad höghållfast ståltråd
Sträckgräns ($f_{yk}=1700$ MPa)	f_{yd} (MPa)	1308	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	180	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00727	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	128	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	6	

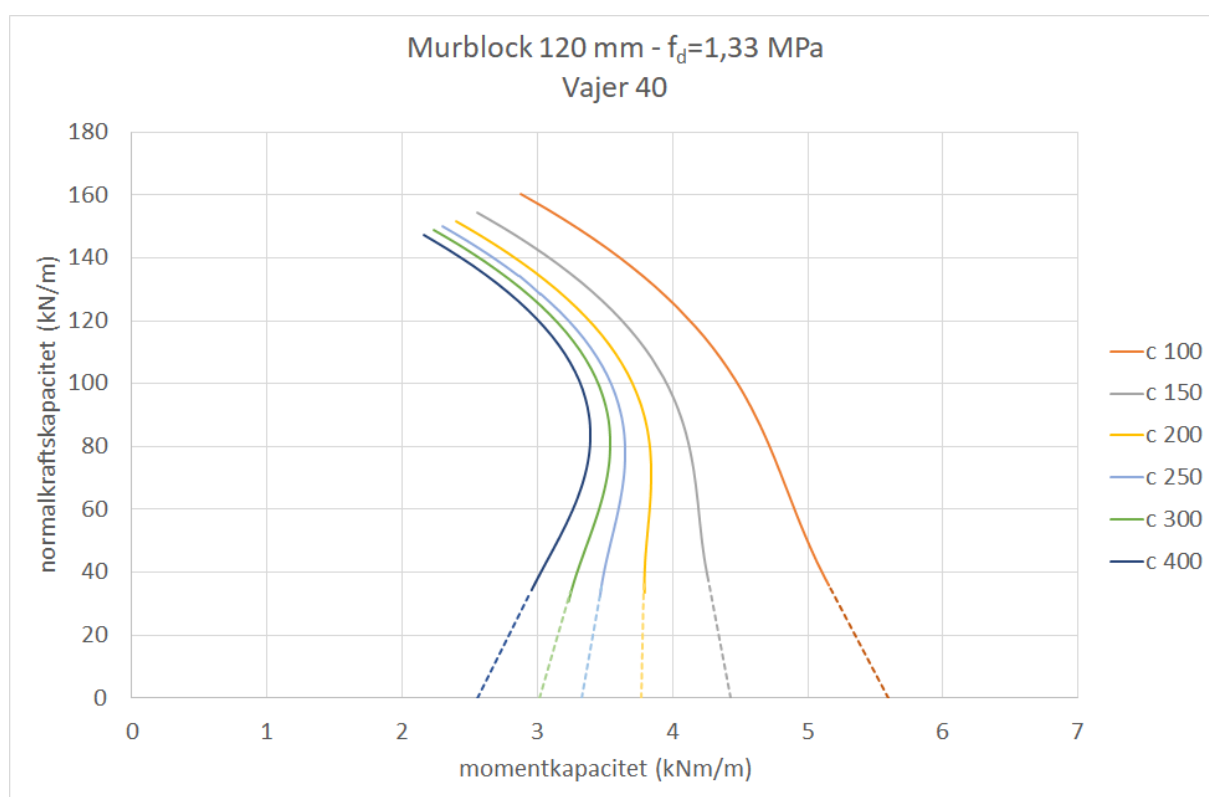


Diagram A1.7 Traditionellt murat Leca murblock 12 cm, hållfasthetsklass 3 MPa; ytförstärkning av obehandlad vajer armering av typen murverksarmering 40. Streckad linje utgör interpolering på säkra sidan.

Tabell A1.8 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med armering av rostfri vajer (remsor av höghållfast ståltråd) av typen Murverksarmering 35rf.

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 7 + 7 mm förstärkningsputs	t (mm)	134	Leca murblock med tjocklek 120 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=2,4$ MPa)	f_d (MPa)	1,33	Massiva murblock i hållfasthetsklass 3 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränsstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,002	Traditionell murning med murbruk M2,5
Murverksarmering 35rf (vajer)	$A_s = A'_s$ (mm ²)	4,83/bistål	Remsor av rostfritt höghållfast ståltråd
Sträckgräns ($f_{yk}=1300$ MPa)	f_{yd} (MPa)	1000	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	150	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00667	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	128	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	6	

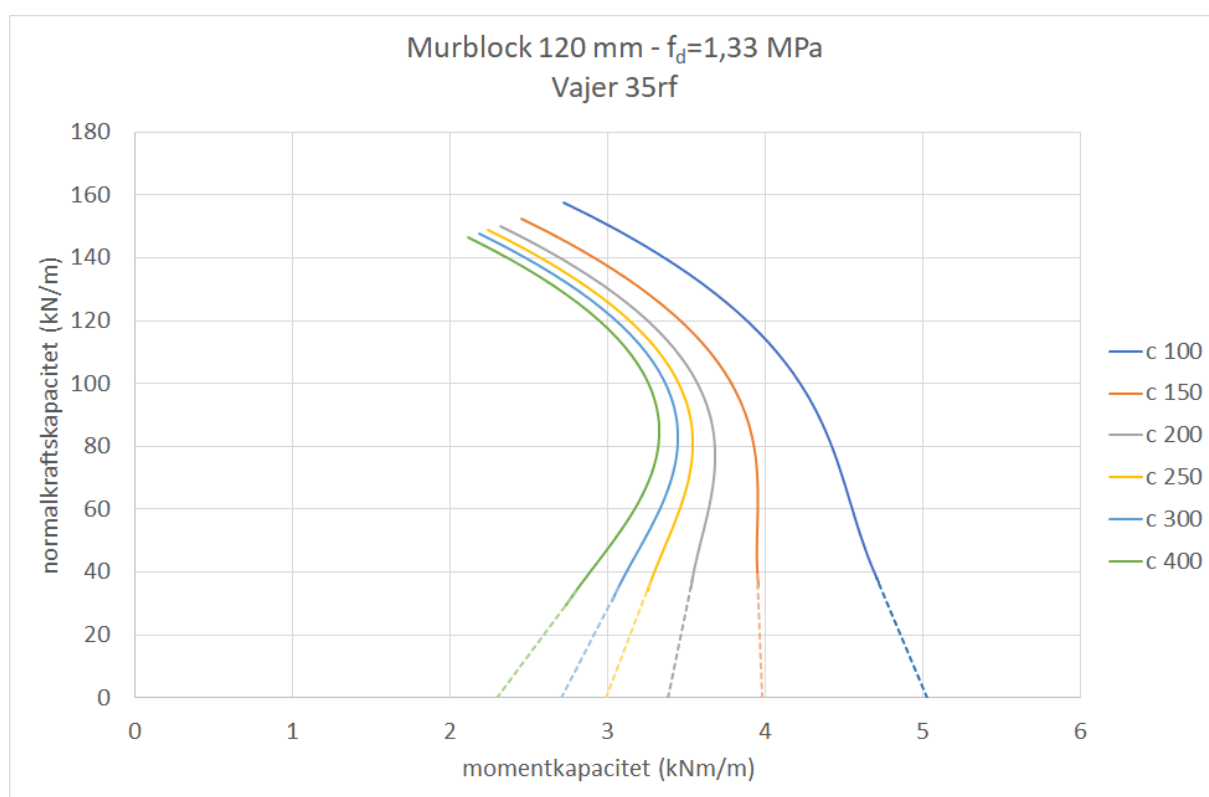


Diagram A1.8 Leca murblock 12 cm, hållfasthetsklass 3 MPa; ytförstärkning av rostfri vajerarmering av typen murverksarmering 35rf. Streckad linje utgör interpolering på säkra sidan.

A2 Tunnfogsmurade Lecablock

Tabell A2.1 Väggtvärsnitt med dubbelsidig förstärkning med obehandlat bistål av typen Bi40ob

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 10 + 10 mm förstärkningsputs	t (mm)	110	Massiva Lecablock med tjocklek 90 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=2,0$ MPa)	f_d (MPa)	1,11	Massiva Lecablock i hållfasthetsklass 3 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränststukning murverk	ε_{mu} (-)	0,001	Tunnfogsmurning med specialmurbruk
Bistål av typen Bi40ob	$A_s = A'_s$ (mm ²)	25/bistål	Obehandlat stål
Sträckgräns ($f_{yk}=500$ MPa)	f_{yd} (MPa)	385	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	200	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,001925	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	102	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	8	

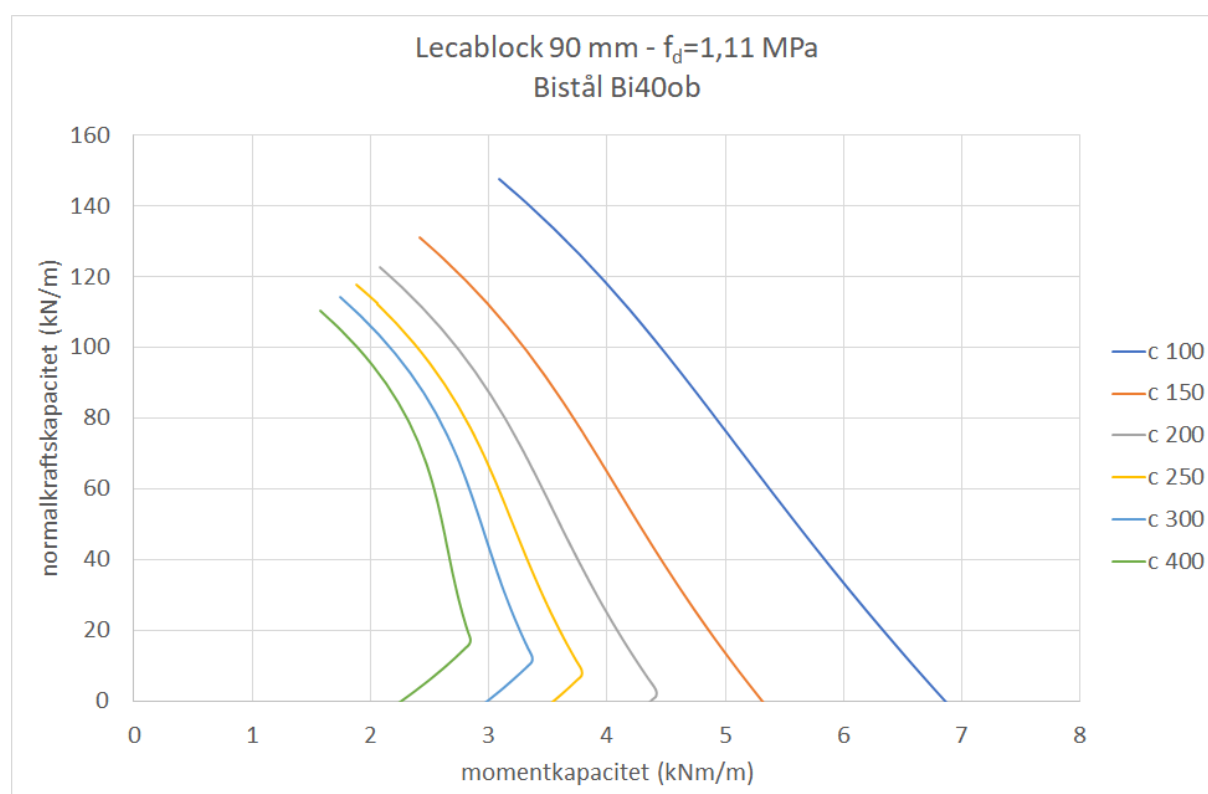


Diagram A2.1 Tunnfogsmurade massiva Lecablock 9 cm, hållfasthetsklass 3 MPa; ytförstärkning av obehandlat bistål av typen Bi40ob.

Tabell A2.2 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med rostfritt bistål av typen Bi37rf

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 10 + 10 mm förstärkningsputs	t (mm)	110	Massiva Lecablock med tjocklek 90 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=2,0$ MPa)	f_d (MPa)	1,11	Massiva Lecablock i hållfasthetsklass 3 MPa; materialparameter $\gamma_M=1,8$
Gränstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,001	Tunnfogsmurning med specialmurbruk
Bistål av typen Bi37rf	$A_s=A'_s$ (mm ²)	21,5/bistål	Rostfritt bistål
Sträckgräns ($f_{yk}=850$ MPa)	f_{yd} (MPa)	654	Materialparameter $\gamma_M=1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	200	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00327	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	102	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	8	

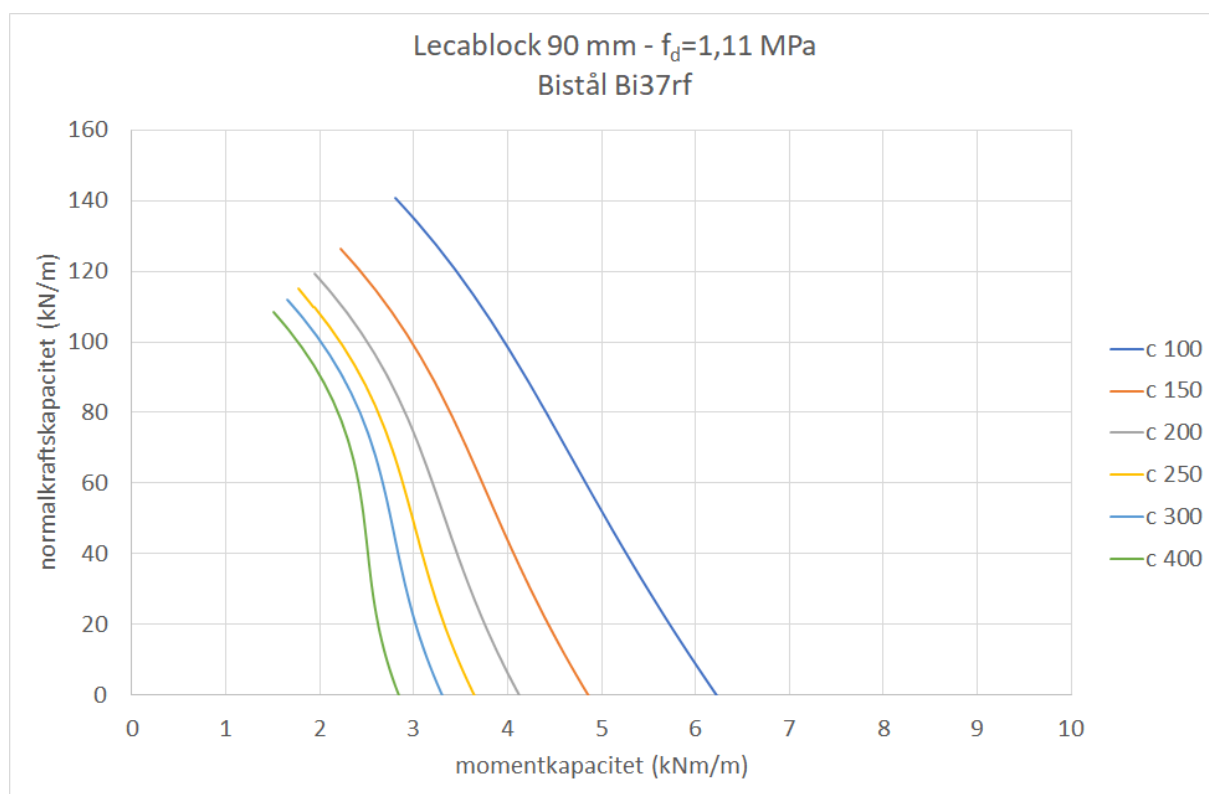


Diagram A2.2 Tunnfogsmurade massiva Lecablock 9 cm, hållfasthetsklass 3 MPa; ytförstärkning av rostfritt bistål av typen Bi37rf.

Tabell A2.3 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med armering av obehandlad vajer (remsor av höghållfast ståltråd) av typen Murverksarmering 40.

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 7 + 7 mm förstärkningsputs	t (mm)	104	Massiva Lecablock med tjocklek 90 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=2,0$ MPa)	f_d (MPa)	1,11	Massiva murblock i hållfasthetsklass 3 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränststukning murverk	ε_{mu} (-)	0,001	Tunnfogsmurning med specialmurbruk
Murverksarmering 40 (vajer)	$A_s = A'_s$ (mm ²)	4,83/bistål	Remsor av obehandlad höghållfast ståltråd
Sträckgräns ($f_{yk}=1700$ MPa)	f_{yd} (MPa)	1308	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	180	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00727	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	98	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	6	

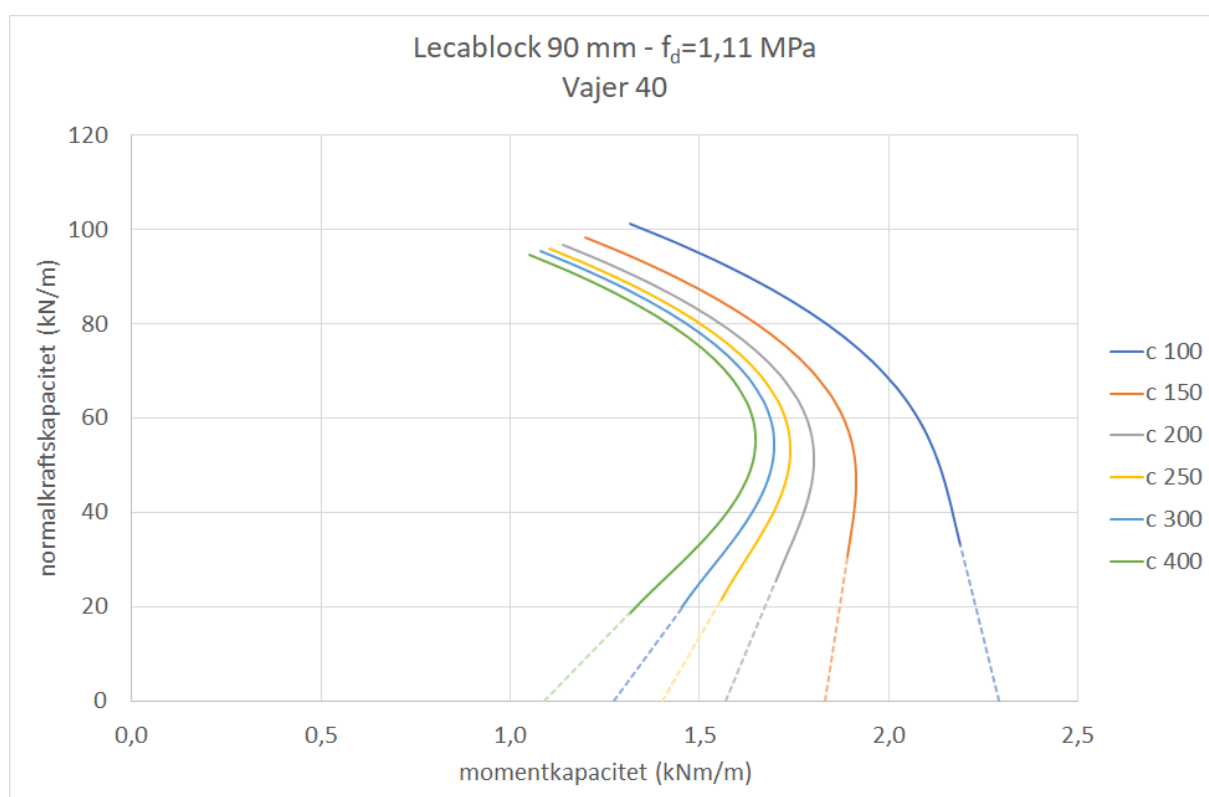


Diagram A2.3 Tunnfogsmurade massiva Lecablock 9 cm, hållfasthetsklass 3 MPa; ytförstärkning av obehandlad vajer armering av typen Murverksarmering 40. Streckad linje utgör interpolering på säkra sidan.

Tabell A2.4 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med armering av rostfri vajer (remsor av höghållfast ståltråd) av typen Murverksarmering 35rf.

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 7 + 7 mm förstärkningsputs	t (mm)	104	Massiva Lecablock med tjocklek 90 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=2,0$ MPa)	f_d (MPa)	1,11	Massiva murblock i hållfasthetsklass 3 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränsstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,001	Tunnfogsmurning med specialmurbruk
Murverksarmering 35rf (vajer)	$A_s = A'_s$ (mm ²)	4,83/bistål	Remsor av rostfritt höghållfast ståltråd
Sträckgräns ($f_{yk}=1300$ MPa)	f_{yd} (MPa)	1000	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	150	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00667	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	98	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	6	

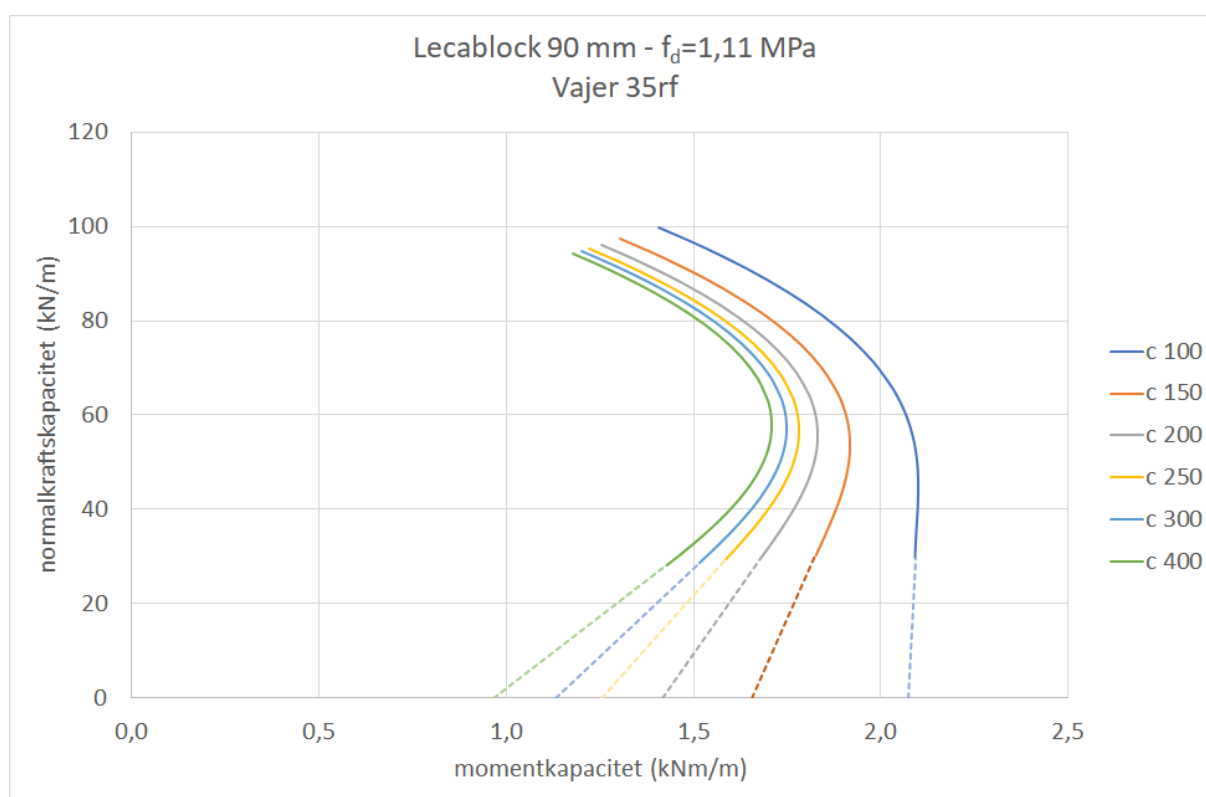
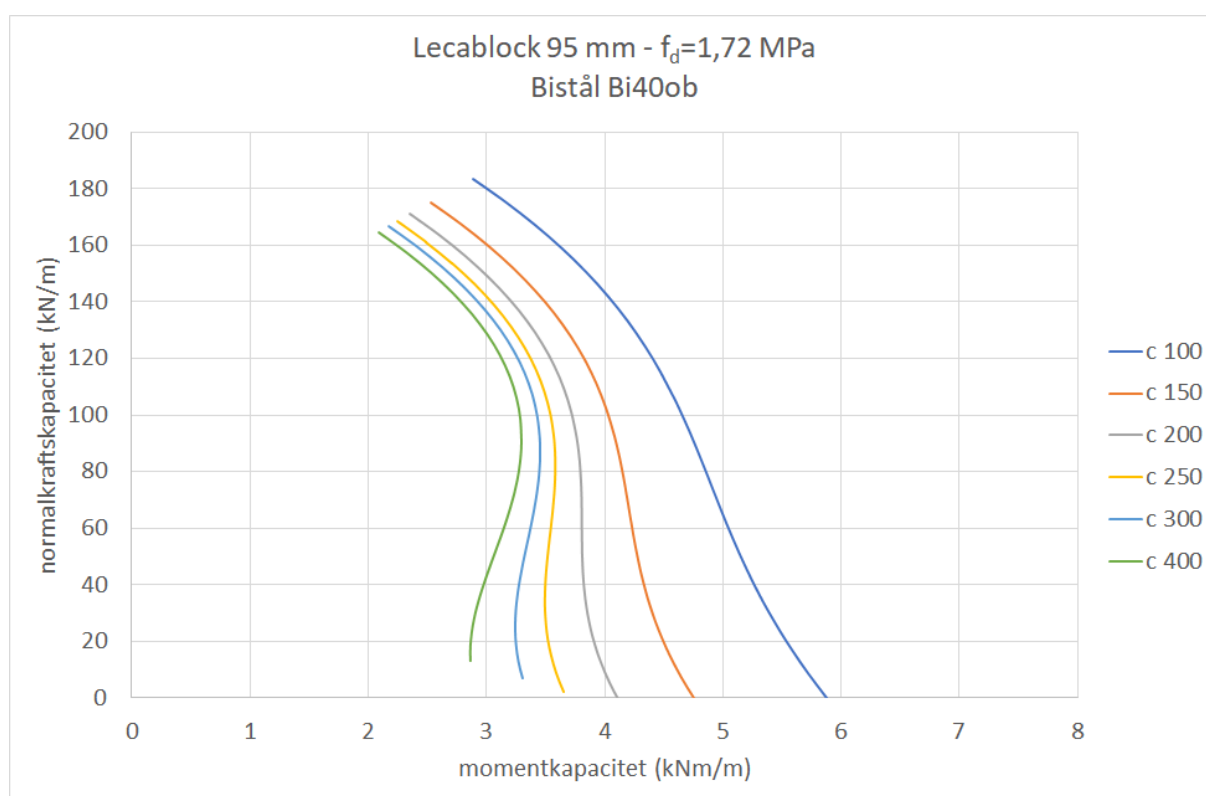


Diagram A2.4 Tunnfogsmurade massiva Lecablock 9 cm, hållfasthetsklass 3 MPa; ytförstärkning av rostfri vajerarmering av typen Murverksarmering 35. Streckad linje utgör interpolering på säkra sidan.

Tabell A2.5 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med obehandlat bistål av typen Bi40ob

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 10 + 10 mm förstärkningsputs	t (mm)	115	Leca hålblock med tjocklek 95 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=3,1$ MPa)	f_d (MPa)	1,72	Leca hålblock i hållfasthetsklass 5 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränstökning murverk	ε_{mu} (-)	0,0005	Tunnfogsmurning med specialmurbruk
Bistål av typen Bi40ob	$A_s = A'_s$ (mm ²)	25/bistål	Obehandlat stål
Sträckgräns ($f_{yk}=500$ MPa)	f_{yd} (MPa)	385	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	200	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,001925	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	107	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	8	



Tabell A2.6 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med rostfritt bistål av typen Bi37rf

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 10 + 10 mm förstärkningsputs	t (mm)	115	Leca hålblock med tjocklek 95 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=3,1$ MPa)	f_d (MPa)	1,72	Leca hålblock, hållfasthetsklass 5 MPa; materialparameter $\gamma_M=1,8$
Gränststukning murverk	ε_{mu} (-)	0,0005	Tunnfogsmurning med specialmurbruk
Bistål av typen Bi37rf	$A_s=A'_s$ (mm ²)	21,5/bistål	Rostfritt bistål
Sträckgräns ($f_{yk}=850$ MPa)	f_{yd} (MPa)	654	Materialparameter $\gamma_M=1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	200	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00327	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	107	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	8	

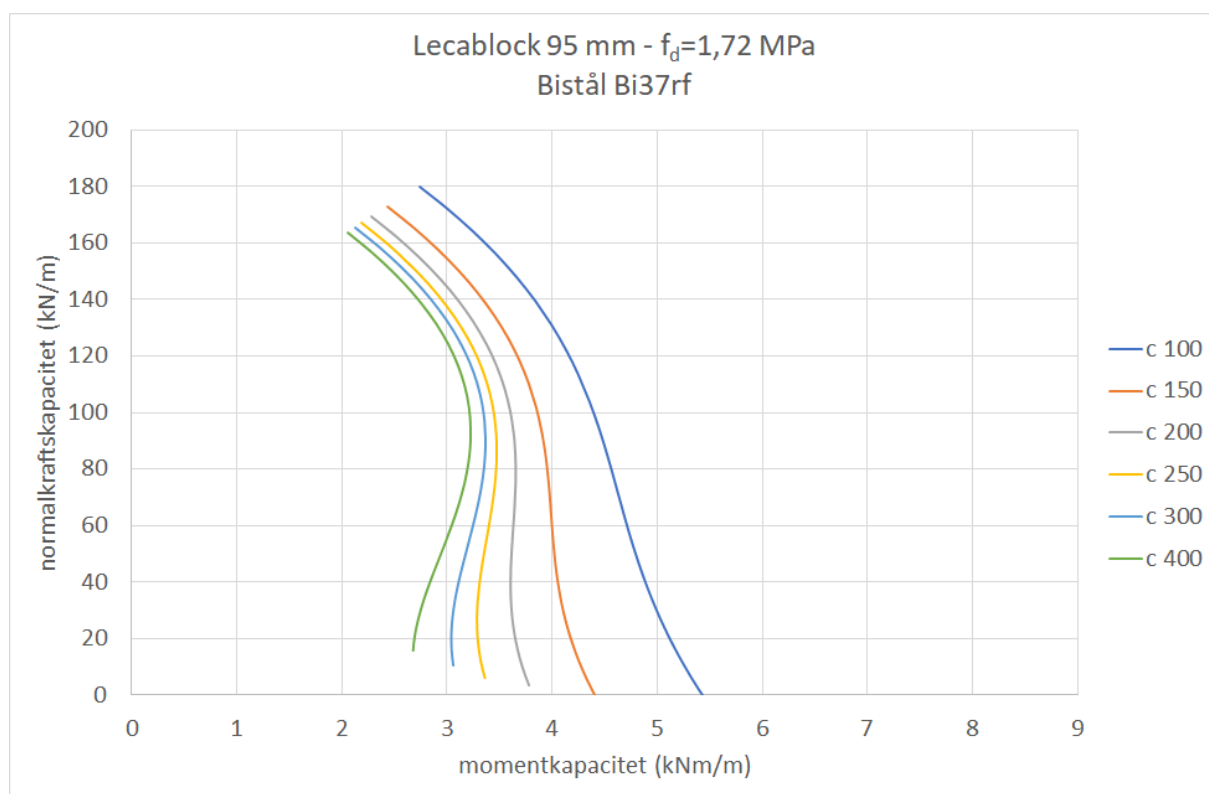
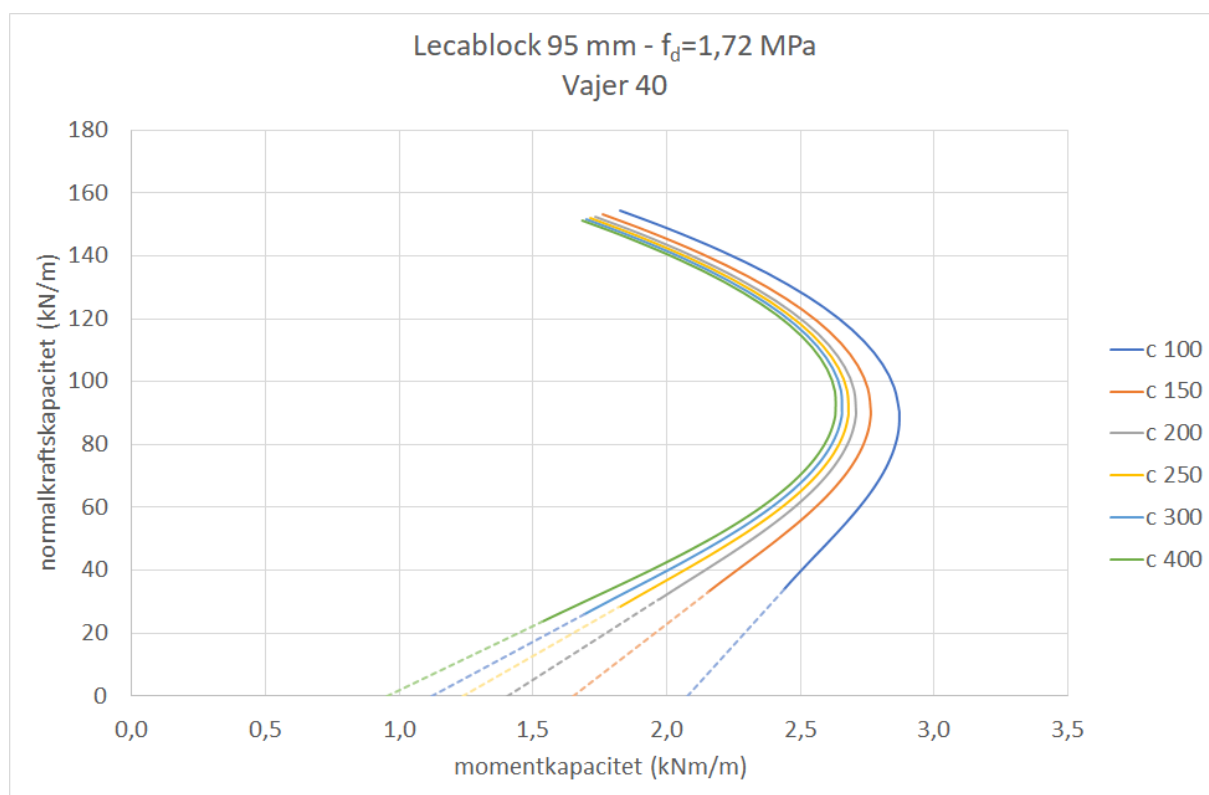


Diagram A2.5 Tunnfogsmurade Leca hålblock 9,5 cm, hållfasthetsklass 5 MPa; ytförstärkning av rostfritt bistål av typen Bi37rf.

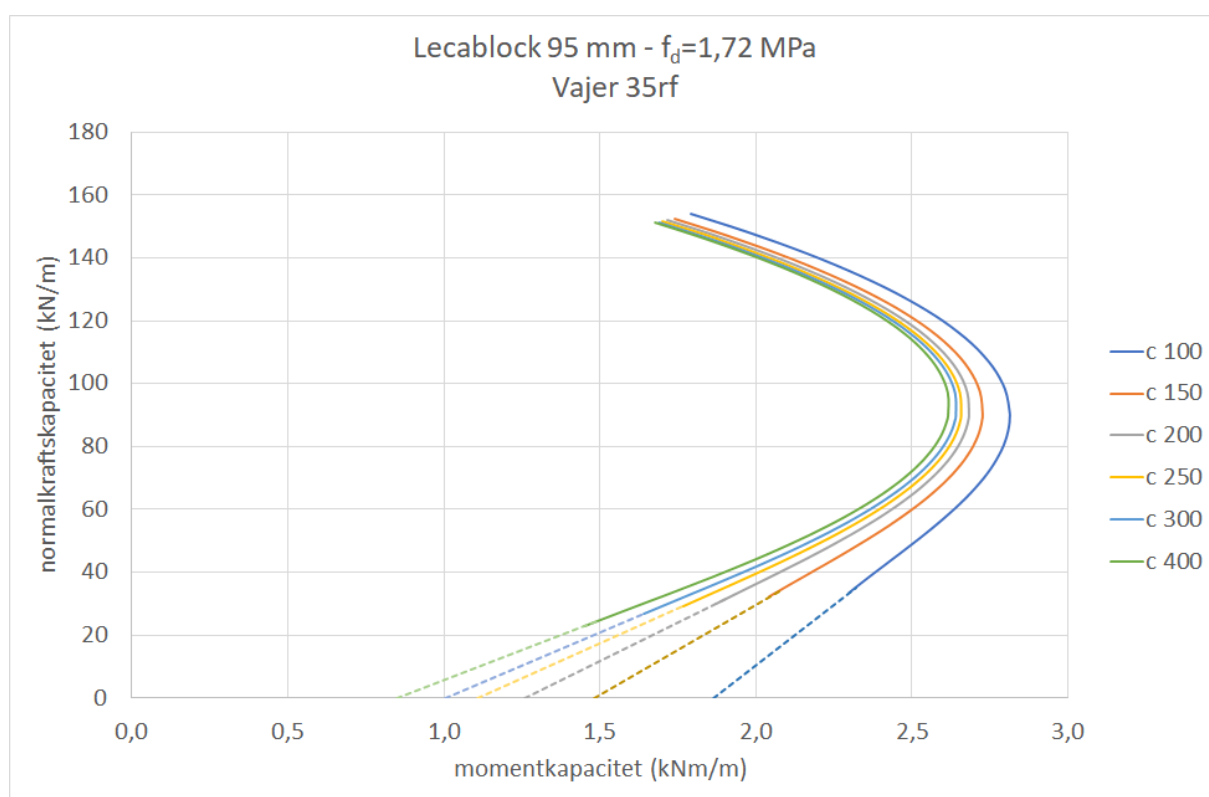
Tabell A2.7 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med armering av obehandlad vajer (remsor av höghållfast ståltråd) av typen Murverksarmering 40.

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 7 + 7 mm förstärkningsputs	t (mm)	109	Leca hålblock med tjocklek 95 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=3,1$ MPa)	f_d (MPa)	1,72	Leca hålblock, hållfasthetsklass 5 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränststukning murverk	ε_{mu} (-)	0,0005	Tunnfogsmurning med specialmurbruk
Murverksarmering 40 (vajer)	$A_s = A'_s$ (mm ²)	4,83/bistål	Remsor av obehandlad höghållfast ståltråd
Sträckgräns ($f_{yk}=1700$ MPa)	f_{yd} (MPa)	1308	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	180	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00727	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	103	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	6	



Tabell A2.8 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med armering av rostfri vajer (remsor av höghållfast ståltråd) av typen Murverksarmering 35rf.

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 7 + 7 mm förstärkningsputs	t (mm)	109	Leca hålblock med tjocklek 95 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=3,1$ MPa)	f_d (MPa)	1,72	Leca hålblock, hållfasthetsklass 5 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränsstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,0005	Tunnfogsmurning med specialmurbruk
Murverksarmering 35rf (vajer)	$A_s = A'_s$ (mm ²)	4,83/bistål	Remsor av rostfritt höghållfast ståltråd
Sträckgräns ($f_{yk}=1300$ MPa)	f_{yd} (MPa)	1000	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	150	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00667	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	103	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	6	



Tabell A2.9 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med obehandlat bistål av typen Bi40ob

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 10 + 10 mm förstärkningsputs	t (mm)	145	Leca hålblock med tjocklek 125 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=3,1$ MPa)	f_d (MPa)	1,72	Leca hålblock i hållfasthetsklass 5 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,0005	Tunnfogsmurning med specialmurbruk
Bistål av typen Bi40ob	$A_s = A'_s$ (mm ²)	25/bistål	Obehandlat stål
Sträckgräns ($f_{yk}=500$ MPa)	f_{yd} (MPa)	385	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	200	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,001925	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	137	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	8	

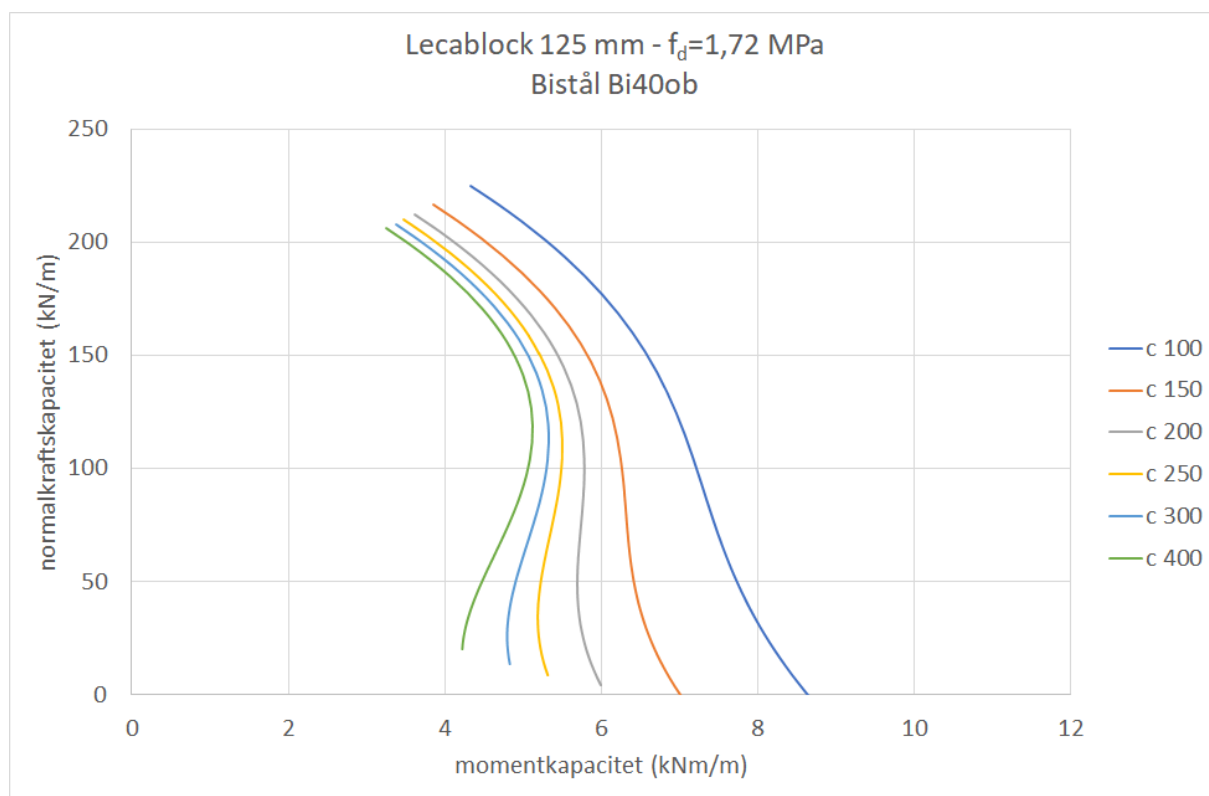
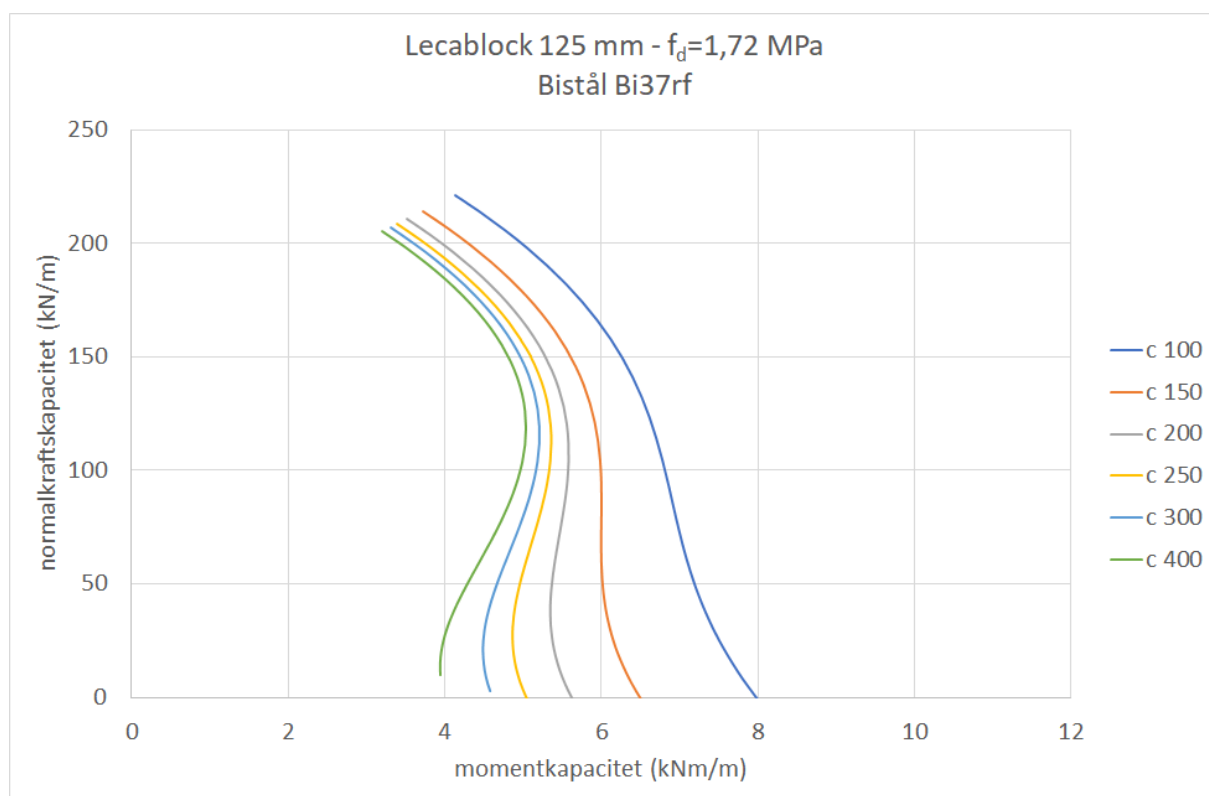


Diagram A2.9 Tunnfogsmurade Leca hålblock 12,5 cm, hållfasthetsklass 5 MPa; ytförstärkning av obehandlat bistål av typen Bi40ob.

Tabell A2.10 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med rostfritt bistål av typen Bi37rf

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 10 + 10 mm förstärkningsputs	t (mm)	145	Leca hålblock med tjocklek 125 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=3,1$ MPa)	f_d (MPa)	1,72	Leca hålblock, hållfasthetsklass 5 MPa; materialparameter $\gamma_M=1,8$
Gränstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,0005	Tunnfogsmurning med specialmurbruk
Bistål av typen Bi37rf	$A_s=A'_s$ (mm ²)	21,5/bistål	Rostfritt bistål
Sträckgräns ($f_{yk}=850$ MPa)	f_{yd} (MPa)	654	Materialparameter $\gamma_M=1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	200	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00327	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	137	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	8	



Tabell A2.11 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med armering av obehandlad vajer (remsor av höghållfast ståltråd) av typen Murverksarmering 40.

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 7 + 7 mm förstärkningsputs	t (mm)	139	Leca hålblock med tjocklek 125 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=3,1$ MPa)	f_d (MPa)	1,72	Leca hålblock, hållfasthetsklass 5 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränsstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,0005	Tunnfogsmurning med specialmurbruk
Murverksarmering 40 (vajer)	$A_s = A'_s$ (mm ²)	4,83/bistål	Remsor av obehandlad höghållfast ståltråd
Sträckgräns ($f_{yk}=1700$ MPa)	f_{yd} (MPa)	1308	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	180	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00727	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	133	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	6	

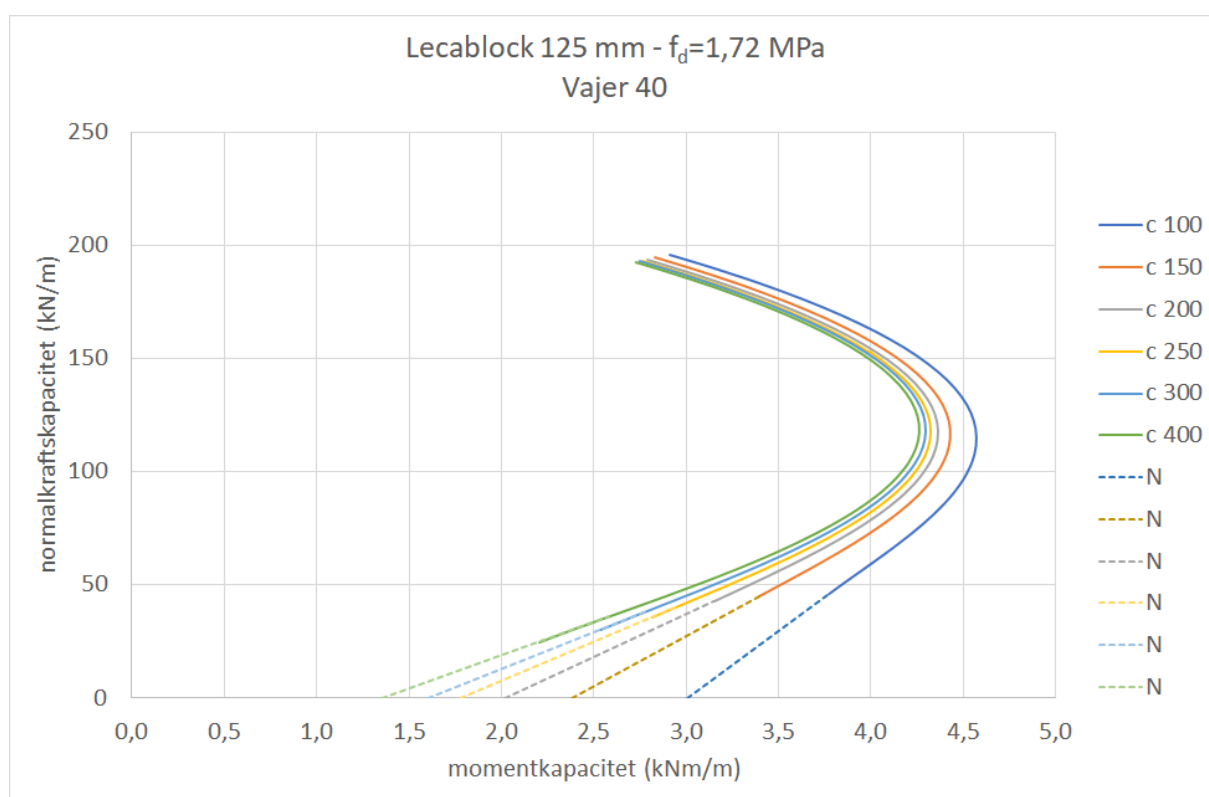
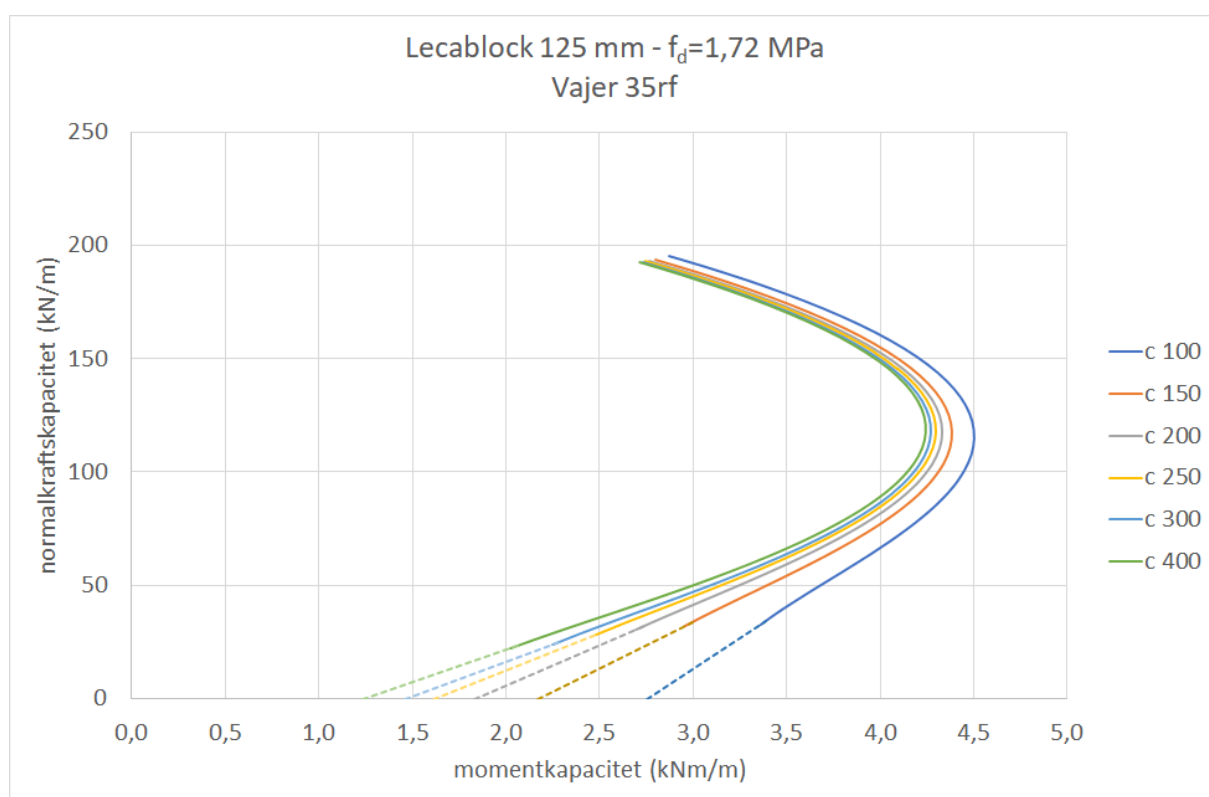


Diagram A2.11 Tunnfogsmurade Leca hålblock 12,5 cm, hållfasthetsklass 5 MPa; ytförstärkning av obehandlad vajer armering av typen Murverksarmering 40. Streckad linje utgör interpolering på säkra sidan.

Tabell A2.12 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med armering av rostfri vajer (remsor av höghållfast ståltråd) av typen Murverksarmering 35rf.

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 7 + 7 mm förstärkningsputs	t (mm)	139	Leca hålblock med tjocklek 125 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=3,1$ MPa)	f_d (MPa)	1,72	Leca hålblock, hållfasthetsklass 5 MPa; materialparameter $\gamma_M = 1,8$
Gränsstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,0005	Tunnfogsmurning med specialmurbruk
Murverksarmering 35rf (vajer)	$A_s = A'_s$ (mm ²)	4,83/bistål	Remsor av rostfritt höghållfast ståltråd
Sträckgräns ($f_{yk}=1300$ MPa)	f_{yd} (MPa)	1000	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	150	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00667	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	133	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	6	



A3 Traditionellt murad tegelvägg (återbrukat tegel)

Tabell A3.1 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med obehandlat bistål av typen Bi40ob

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Väggdjocklek, inklusive 10 + 10 mm förstärkningsputs	t (mm)	140	Tegel med tjocklek 120 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=3,6$ MPa)	f_d (MPa)	1,8	Tegel (återbrukat), hållfasthetsklass 12 MPa; materialparameter $\gamma_M = 2,0$
Gränststukning murverk	ε_{mu} (-)	0,0035	Traditionell murning med murbruk M2,5
Bistål av typen Bi40ob	$A_s = A'_s$ (mm ²)	25/bistål	Obehandlat stål
Sträckgräns ($f_{yk}=500$ MPa)	f_{yd} (MPa)	385	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	200	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,001925	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	132	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	8	

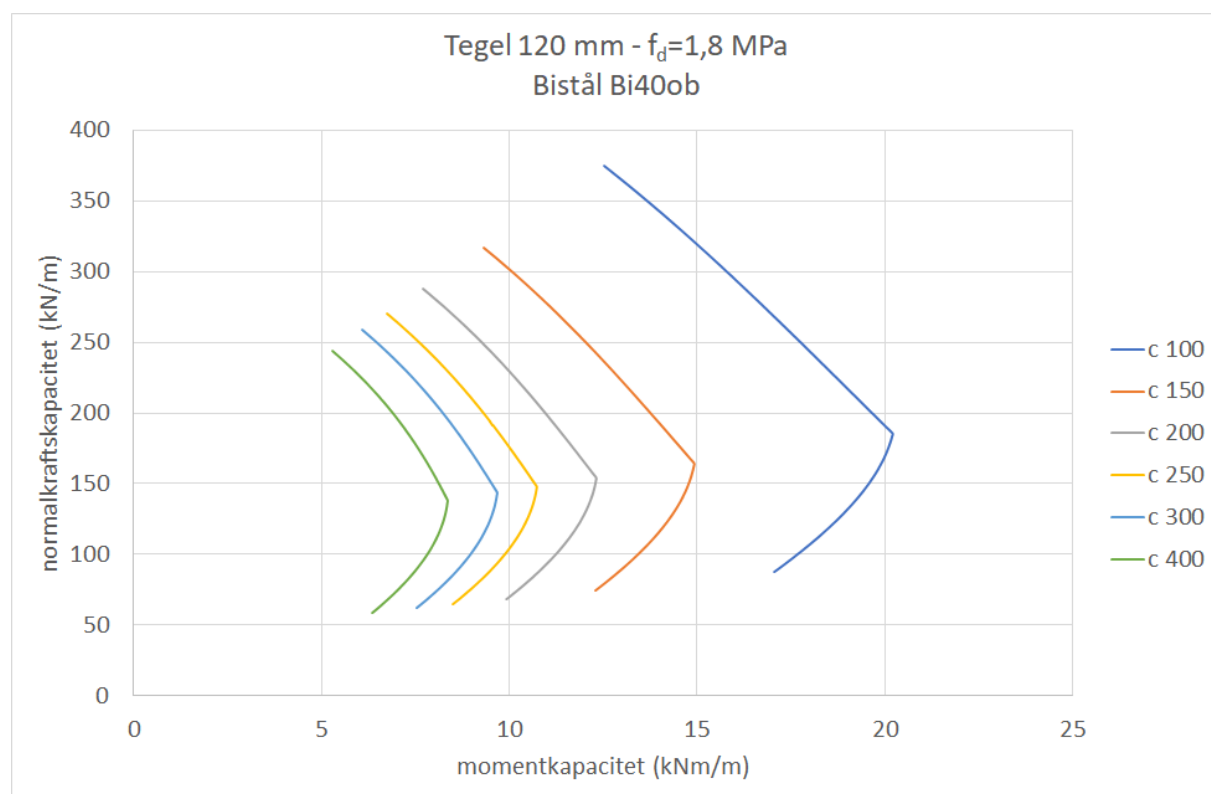


Diagram A3.1 Traditionellt murad tegel 12 cm, hållfasthetsklass 12 MPa; ytförstärkning av obehandlat bistål av typen Bi40ob.

Tabell A3.2 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med rostfritt bistål av typen Bi37rf

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 10 + 10 mm förstärkningsputs	t (mm)	140	Tegel med tjocklek 120 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=3,6$ MPa)	f_d (MPa)	1,8	Tegel (återbrukat), hållfasthetsklass 12 MPa; materialparameter $\gamma_M=2,0$
Gränststukning murverk	ε_{mu} (-)	0,003	Traditionell murning med murbruk M2,5
Bistål av typen Bi37rf	$A_s=A'_s$ (mm ²)	21,5/bistål	Rostfritt bistål
Sträckgräns ($f_{yk}=850$ MPa)	f_{yd} (MPa)	654	Materialparameter $\gamma_M=1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	200	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00327	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	132	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	8	

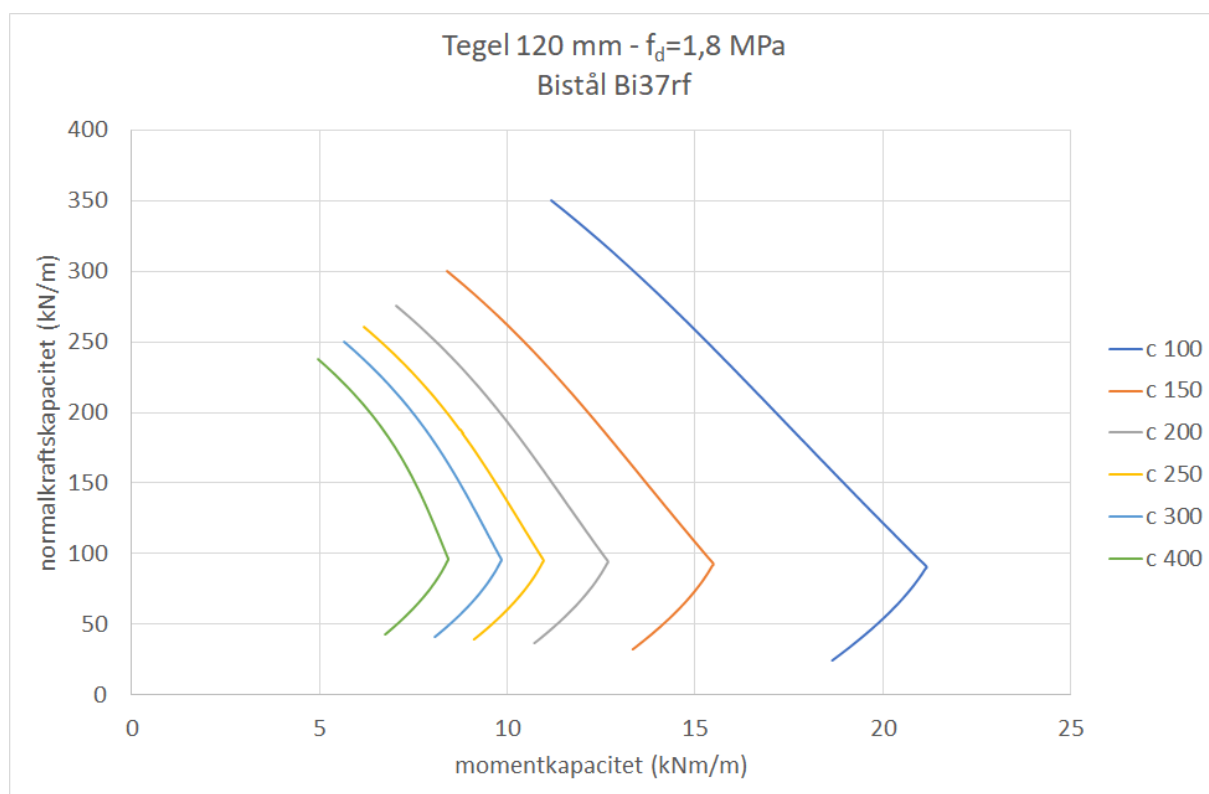


Diagram A3.2 Traditionellt murat tegel 12 cm, hållfasthetsklass 12 MPa; ytförstärkning av rostfritt bistål av typen Bi37rf.

Tabell A3.3 Väggtvärsnitt med dubbelsidig förstärkning med armering av obehandlad vajer (remsor av höghållfast ståltråd) av typen Murverksarmering 40.

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 7 + 7 mm förstärkningsputs	t (mm)	134	Tegel med tjocklek 120 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=3,6$ MPa)	f_d (MPa)	1,8	Tegel (återbrukat), hållfasthetsklass 12 MPa; materialparameter $\gamma_M = 2,0$
Gränsstukning murverk	ε_{mu} (-)	0,0035	Traditionell murning med murbruk M2,5
Murverksarmering 40 (vajer)	$A_s = A'_s$ (mm ²)	4,83/bistål	Remсор av obehandlad höghållfast ståltråd
Sträckgräns ($f_{yk}=1700$ MPa)	f_{yd} (MPa)	1308	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	180	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00727	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	128	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	6	

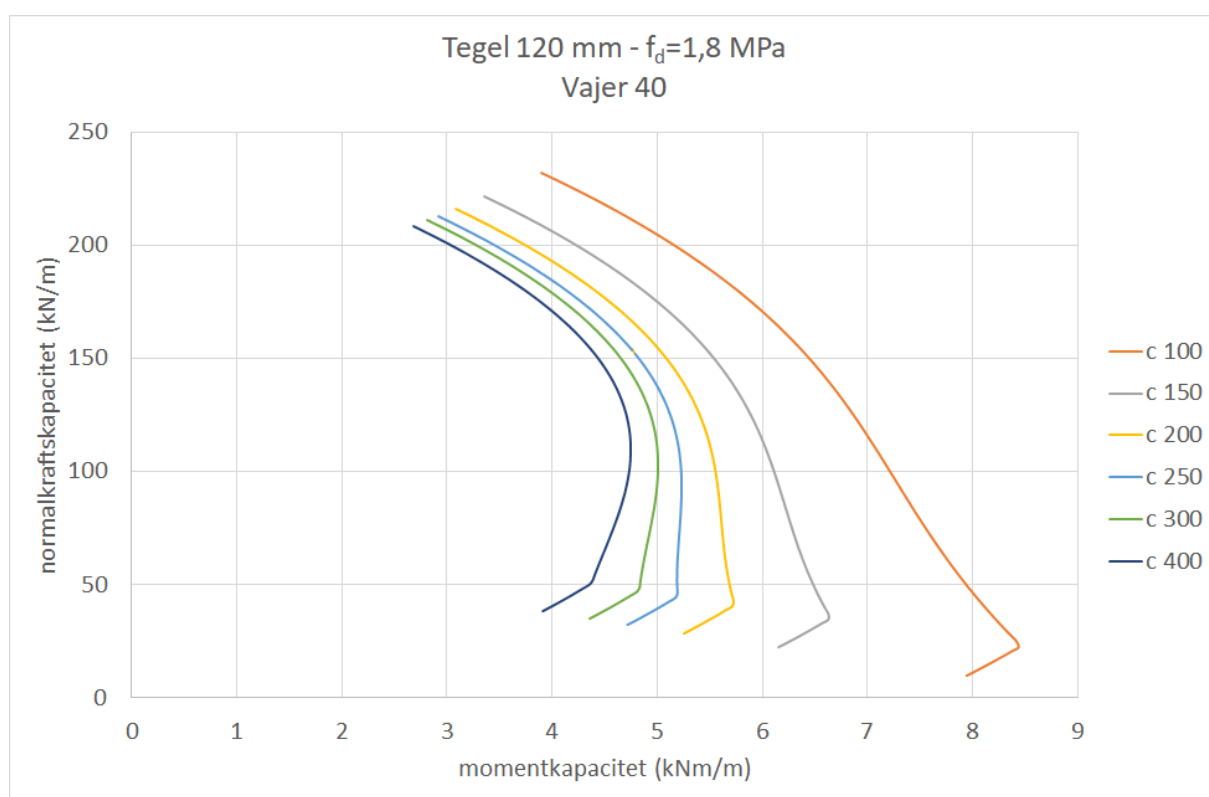
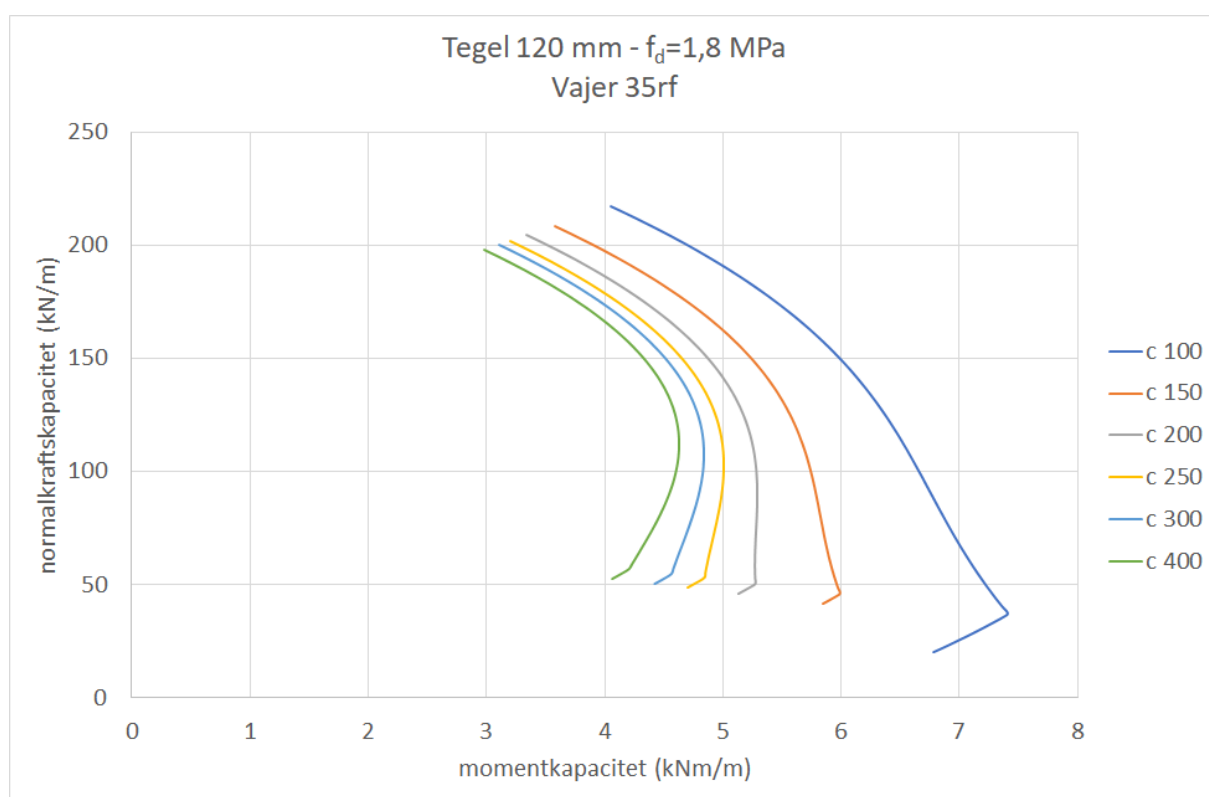


Diagram A3.3 Traditionellt murat tegel 12 cm, hållfasthetsklass 12 MPa; ytförstärkning av obehandlad vajer armering av typen Murverksarmering 40.

Tabell A3.4 Väggtvärnsnitt med dubbelsidig förstärkning med armering av rostfri vajer (remsor av höghållfast ståltråd) av typen Murverksarmering 35rf.

	Beteckning (enhet)	Värde	Kommentar
Tvärsnittsbredd	b (mm)	1000	
Vägg tjocklek, inklusive 7 + 7 mm förstärkningsputs	t (mm)	134	Tegel med tjocklek 120 mm
Dimensionerande tryckhållfasthet murverk ($f_k=3,6$ MPa)	f_d (MPa)	1,8	Tegel (återbrukat), hållfasthetsklass 12 MPa; materialparameter $\gamma_M = 2,0$
Gränststukning murverk	ε_{mu} (-)	0,0035	Traditionell murning med murbruk M2,5
Murverksarmering 35rf (vajer)	$A_s = A'_s$ (mm ²)	4,83/bistål	Remsor av rostfritt höghållfast ståltråd
Sträckgräns ($f_{yk}=1300$ MPa)	f_{yd} (MPa)	1000	Materialparameter $\gamma_M = 1,3$
Elasticitetsmodul	E_s (GPa)	150	
Flyttöjning	ε_{sy} (-)	0,00667	
Maximalt tillåten gränstöjning	ε_{su} (-)	0,010	SS-EN 1996-1-1, 6.6.2 (2)
Effektiv höjd – dragen armering	d (mm)	98	
Effektiv höjd – tryckt armering	d' (mm)	6	



Bilaga B

Byggnadstekniska detaljer - lättklinkermurverk

20 Puts
Armeringsnät
270 Mineralull
10 Förstärkt puts
90 Leca Block
10 Förstärkt puts

Förstärkning i putsen kan utgöras av vertikalt orienterade bistål eller vajerarmering, som fästs direkt i Lecan.

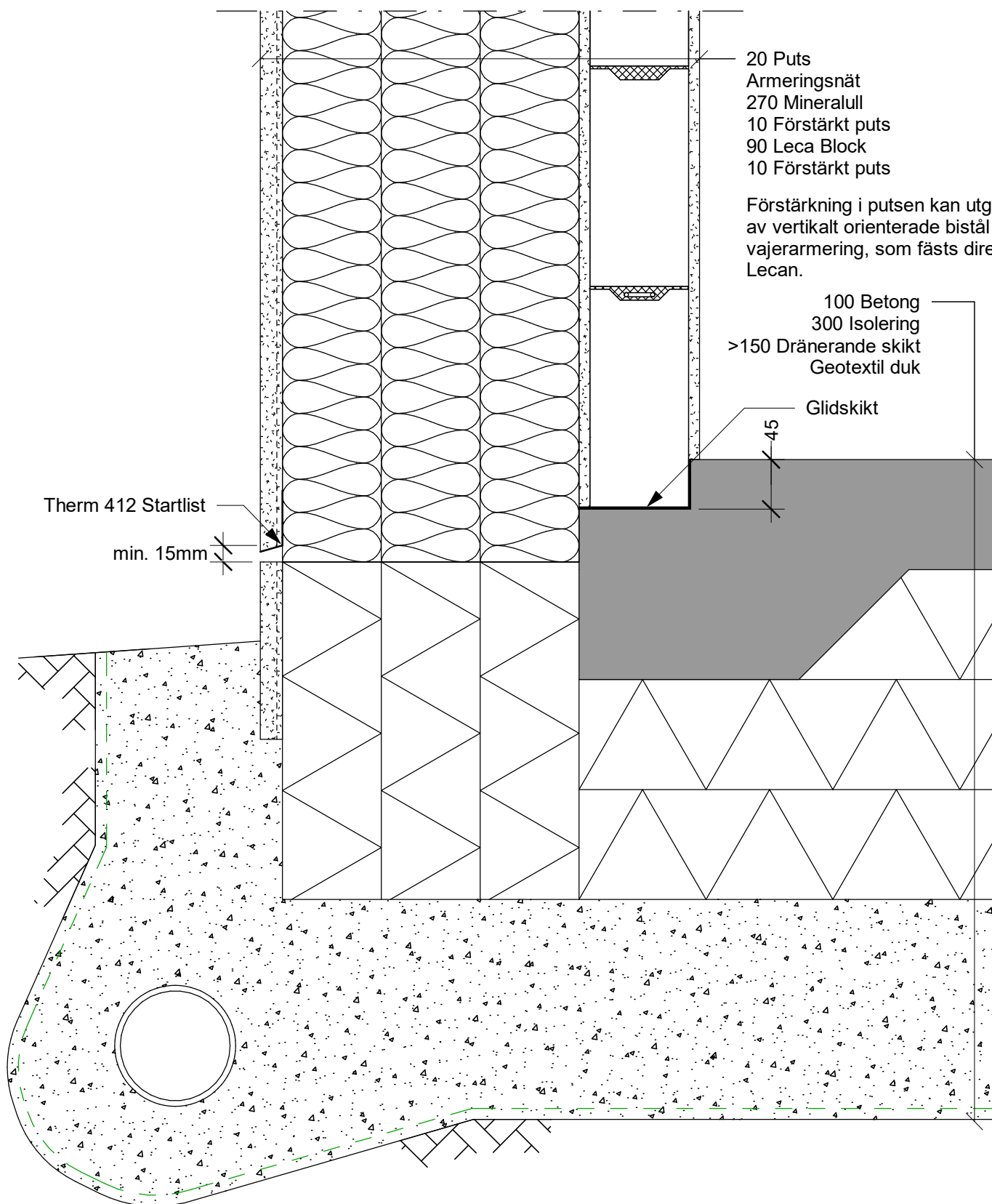
100 Betong
300 Isolering
>150 Dränerande skikt
Geotextil duk

Glidskikt

45

Therm 412 Startlist

min. 15mm



Saint-Gobain Byggprodukter AB:s detaljritningar är endast ett förslag på hur en anslutning/detalj kan utföras och skall i samtliga fall godkännas av för projektet ansvarig konstruktör innan utförande.



Saint-Gobain Byggprodukter AB
Huvudkontor: Norra Malmvägen 76
Box 415, 191 24 SOLLENTUNA
Tel: 08-625 61 00 Fax: 08-625 61 80

Energieffektiva väggar

Anslutning vägg och
grundplatta

Skapad:
2023-10-31
Reviderad
:

Skala 1 : 5

L 5-101

20 Puts
Armeringsnät
270 Mineralull
10 Förstärkt puts
90 Leca Block
10 Förstärkt puts

Förstärkning i putsen kan utgöras
av vertikalt orienterade bistål eller
vajerarmering, som fästs direkt i
Lecan.

Tätning enl. vinskyddssystem

Friskär mot karmen

Saint-Gobain Byggprodukter AB:s detaljritningar är endast ett förslag på hur en anslutning/detalj kan utföras och skall i samtliga fall godkännas av för projektet ansvarig konstruktör innan utförande.



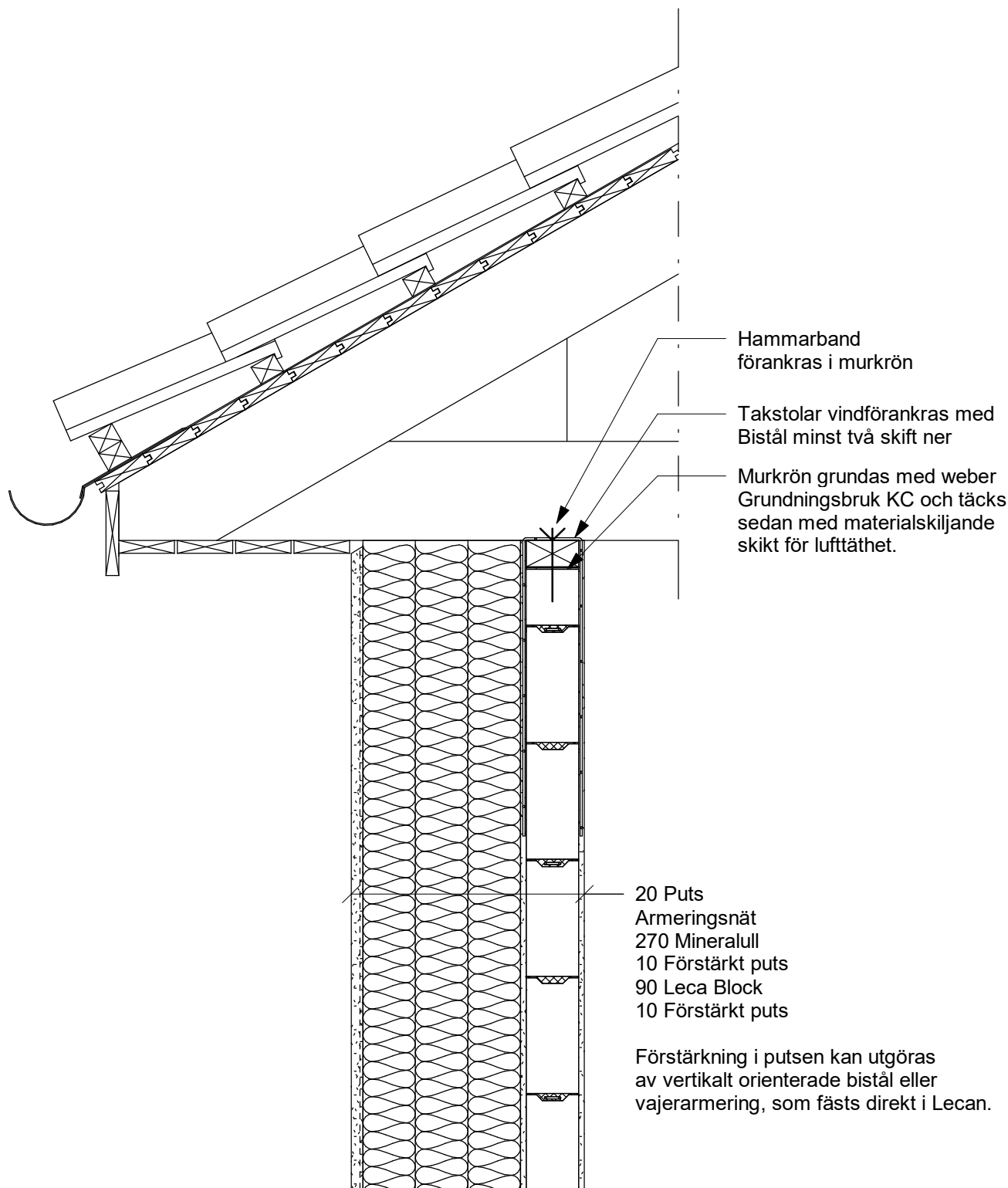
Saint-Gobain Byggprodukter AB
Huvudkontor: Norra Malmvägen 76
Box 415, 191 24 SOLLENTUNA
Tel: 08-625 61 00 Fax: 08-625 61 80

Energieffektiva väggar
Fönsteranslutning

Skapad:
2023-10-31
Reviderad
:

Skala 1 : 5

L 5-102



Saint-Gobain Byggprodukter AB:s detaljritningar är endast ett förslag på hur en anslutning/detalj kan utföras och skall i samtliga fall godkännas av för projektet ansvarig konstruktör innan utförande.



Saint-Gobain Byggprodukter AB
Huvudkontor: Norra Malmvägen 76
Box 415, 191 24 SOLLENTUNA
Tel: 08-625 61 00 Fax: 08-625 61 80

Energieffektiva väggar

Anslutning vägg och takfot

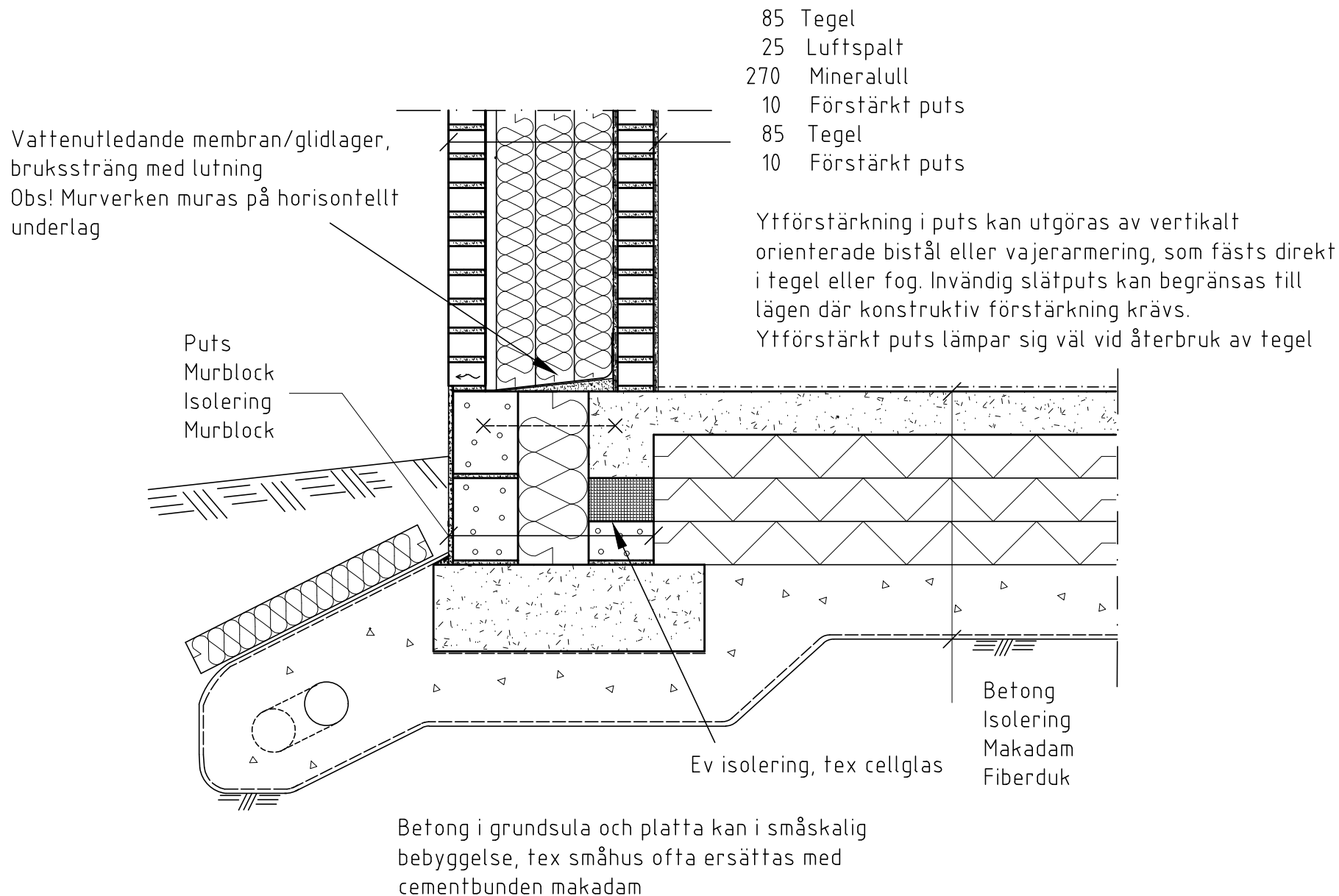
Skapad:
2023-10-31
Reviderad
:

Skala 1 : 10

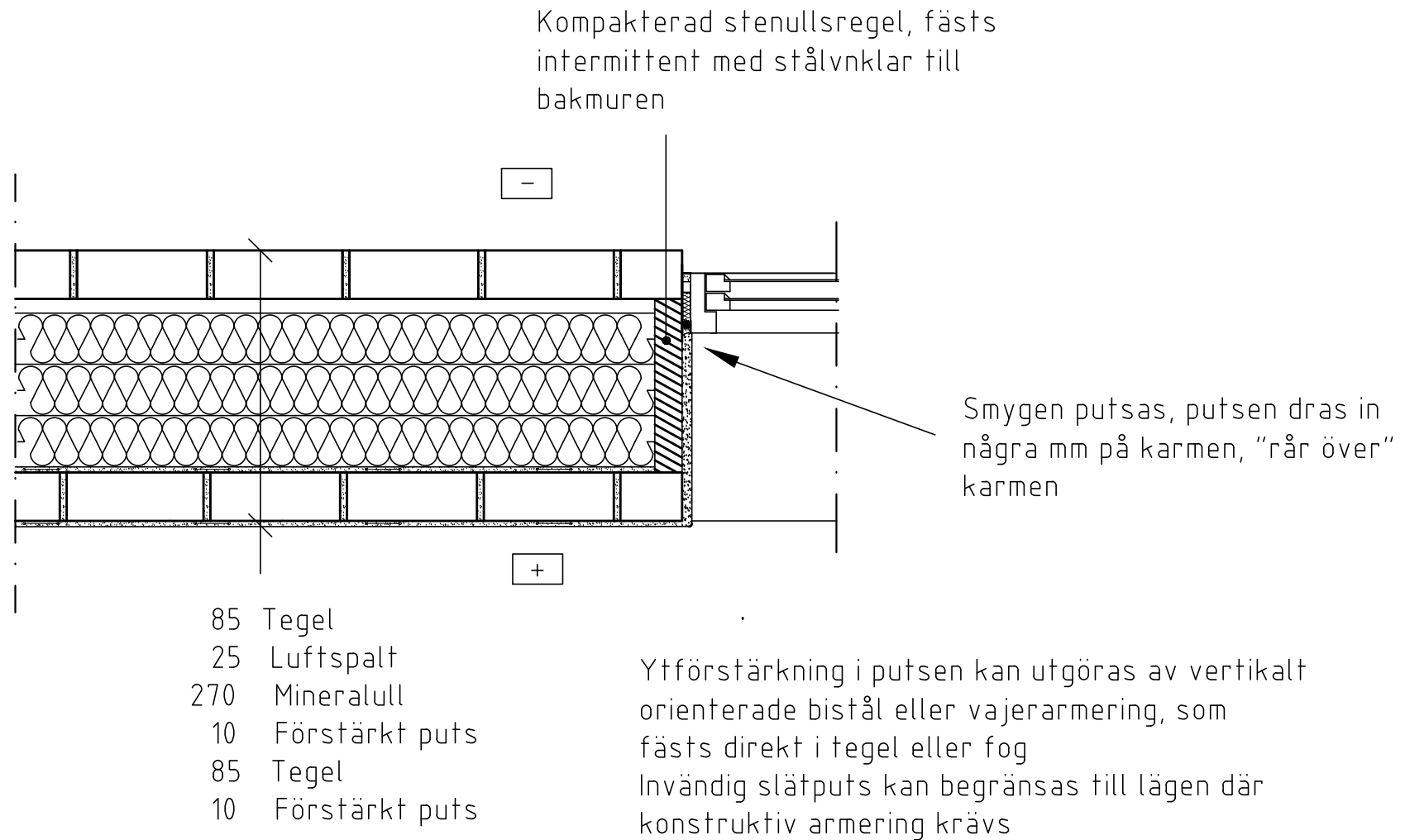
L 5-103

Bilaga C

Byggnadstekniska detaljer - tegelmurverk



T1 Grundschnitt



T2 Fönsteranslutning

Råsponten vinklas ut vid takfot,
spikas mot kil på högbenet

Luftintag, insektnät,
vindskyddsfolie avslutas ovan
brukssträng med lutning utåt

- 85 Tegel
- 25 Luftspalt
- 270 Mineralull
- 10 Förstärkt puts
- 85 Tegel
- 10 Förstärkt puts

Hammarbandet förankras i murkrönet.
Lyftkraften kan förankras längre ned
genom ytarmeringen. Under hammarbandet
sätts tätningslist för lufttätthet. Vid behov
jämnas ytan med bruk.
Plastfolie/ångbroms kläms mot
hammarbandet

Ytförstärkning i puts kan utgöras av vertikalt
orienterade bistål eller vajerarmering, som fästs direkt i
tegel eller fog
Invändig slätputs kan begränsas till lägen där
konstruktiv förstärkning krävs
Ytförstärkt puts lämpar sig väl vid återbruk av tegel

T3 Anslutning vägg och tak