

VALVSLAGNING

Anders Göransson
Gunnar Almevik



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Hantverkslaboratoriet

Magasinsgatan 4
Box 77, SE-542 21 Mariestad
craftlab@conservation.gu.se
www.craftlab.gu.se

© Hantverkslaboratoriet 2016

Författare: Anders Göransson och Gunnar Almevik

Anders Göransson förestår ensam innehållet i kapitel 1-8. Gunnar Almevik förestår huvuddelen av innehållet i kapitel 9 och 10, som bygger på kurskompendium "Geometri för murare" och "Introduktion till geometri" (2000, Dacapo Hantverksskola). Anders Göransson har reviderat och kompletterat exemplen 13 till 17 i kapitel 10.

Grafisk form: Anders Göransson och Gunnar Almevik

AutoCad och SketchUp-ritningar: Hamlet Nilsson Mirjamsdotter

Foto: Anders Göransson. Från Kristinedals fabriker, Saleby, Lidköping

Tryck: Vadsbo Tryck AB

Papper: Phoenolux 250 g (offset) och Arctic matt 115 g (digitalt)

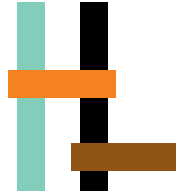
Den här publikationen finns tillgänglig digitalt på: <http://hdl.handle.net/2077/43347>

ISBN: 978-91-981883-7-0

SAMVERKANDE PARTER

Grevillis Fond
Göteborgs universitet
John Hedins Stiftelse
Kulturmiljöforum
Nämnden för Hemslöjdsfrågor
Mariestads kommun
Riksantikvarieämbetet
Statens Fastighetsverk
Svenska kyrkan
Sveriges Hembygdsförbund
Västra Götalandsregionen

HANTVERKSLABORATORIET tillhör Institutionen för kulturvård vid Göteborgs universitet. Vårt uppdrag är dels att dokumentera och säkra hotade hantverkskunskaper, dels att säkra kvalitet, utveckla metoder och initiera forskning inom fältet kulturmiljöns hantverk. Ambitionen är också att utveckla och tillhandahålla ett kvalificerat expertstöd och en kunskapsbank för professionella som arbetar praktiskt eller ansvarar för vård av våra kulturskatter.



HANTVERKSLABORATORIET

VALVSLAGNING

En handledning i tillämpad valvgeometri

Anders Göransson

Gunnar Almevik



GÖTEBORGS UNIVERSITET



INNEHÅLL

1. KUNSKAP I VALVSLAGNING	5
2. VALVBÅGAR I MURVERK	5
3. UPPRITNING AV SEGMENTBÅGE	7
4. BERÄKNING OCH UTSÄTTNING AV SKIFTGÅNG	15
5. BYGGE AV VALVSTOMME	24
6. MURNING AV VALV	28
7. VANLIGA VALVKOMPLIKATIONER	33
8. PROBLEMLÖSNING	36
9. GEOMETRISKA GRUNDFORMER	41
10. GEOMETRI FÖR BÅGFORMER	47
11. LITTERATUR	79
12. FORMELSAMLING	80

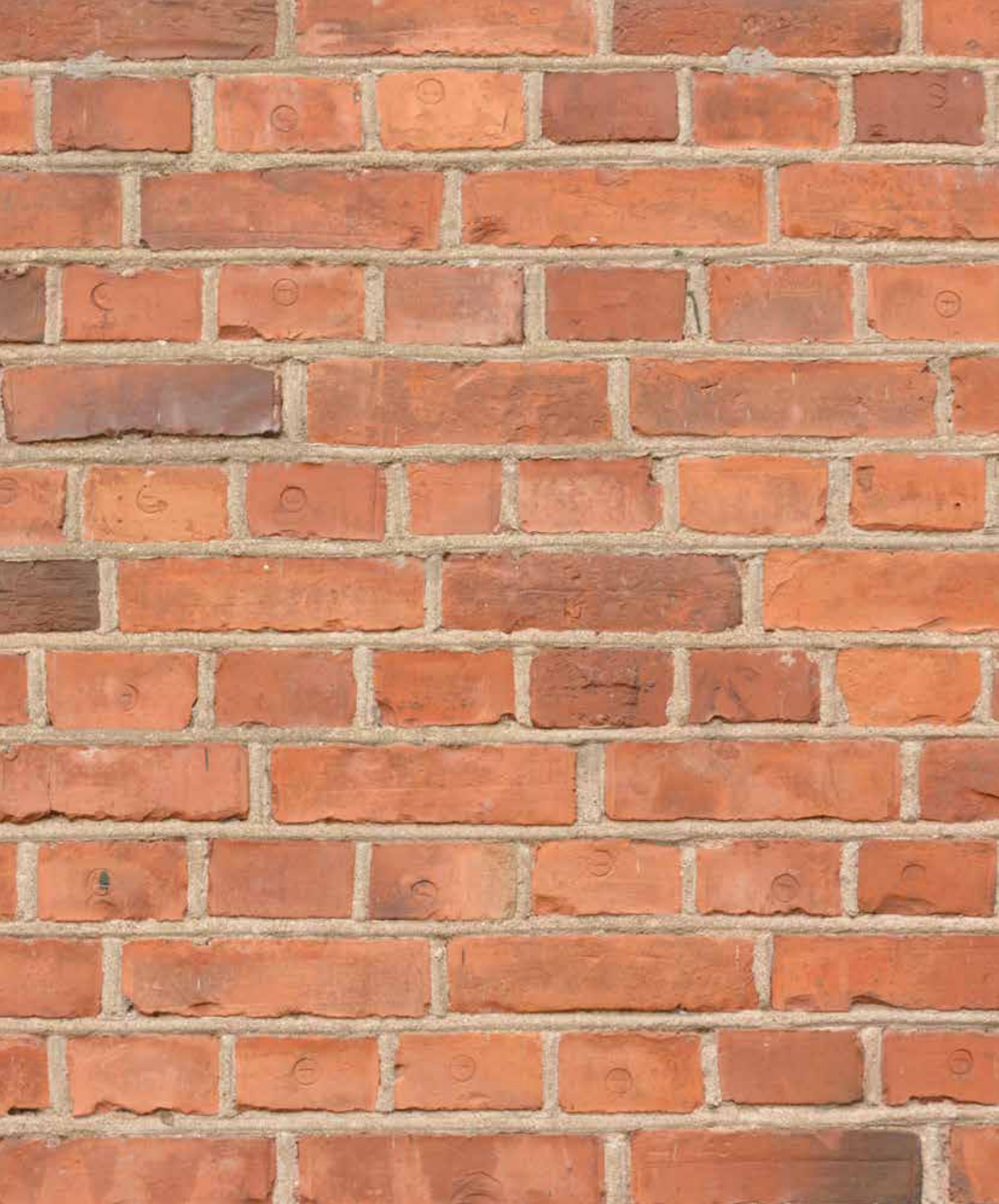




Bild 1. Murverk i tegel uppkommer i Sverige under tidig medeltid. Sveriges äldsta tegelbyggnad är Gumlösa kyrka från 1192. Foto Anders Göransson.

1. KUNSKAP I VALVSLAGNING

Valvslagning i tegel ingår som moment i grundutbildningen i bygghantverk på Institutionen för kulturvård vid Göteborgs universitet. Det här kompendiet är särskilt framtaget som undervisningsmaterial för de studenter som följer utbildningen. Kompendiet fokuserar på en speciell bågform; segmentbågen. Segmentbågen är en vanlig bågform i traditionellt murverk, och den utgör ett bra pedagogiskt exempel eftersom den innehåller de flesta moment och komplikationer som också förekommer i andra bågformer. Kompendiet följer i princip arbetsprocessen, från uppritning av segmentbågen till själva murningen. Instruktionerna förutsätter grundläggande förkunskaper inom murning och geometri. I ett avslutande kapitel presenteras några generella komplikationer som gäller även andra bågformer.

2. VALVBÅGAR I MURVERK

Benämningen ”valv” kan användas både om valvbågar och om valvkupor. Med valvbåge menas ett valv som spänner över öppningen i en mur. Med valvkupa menas ett valv som spänner över ett helt rum. Valvbågen kan också kallas valvring, stärkring, murring eller murbåge. Valvbågar är en traditionell byggprincip för övertäckning av öppningar i murverk, utöver överkragningar och de numera vanliga balkkonstruktionerna som exempelvis armerade betongbalkar och spännarmerade murskift. Valvbågar muras i pelarförband, dvs. utan försvagande genomgående stötfogar, så att valvringen kan ta upp tryckkrafter utan att brista.

Valvbåge och valvring används parallellt i kompendiet, och avser just oarmerade murade övertäckningar av öppningar, dvs. fönster och dörrar, i murverk, där bågens form och stenarnas placering skapar en fungerande valvverkan i konstruktionen. I texten används beteckningen ”valvbåge” oftast om konstruktionen i sin helhet, medan beteckningen ”valvring” mer fokuserar på enbart den murade ringen. Valvbågen har en yttre (övre) och en inre (undre) valvyta. Den yttre valvytan kallas även valvrygg. Den inre

valvytans högsta punkt kallas hjässan. Stenarna och skiften som bildar valvbågen kallas valvstenar respektive valvskift. Centrum för valvbågen kallas bågens mittpunkt eller medelpunkt. Sammansatta bågar som exempelvis korgbågen, utgörs av flera cirkelbågar med var sina mittpunkter. Vederlaget är den del av muren som tar upp sidotrycket från valvbågen. Det är ett generellt begrepp, inte ett avgränsat område, och kan vara olika stort beroende på bågformen. Vederlagets begränsningsyta mot valvbågen kallas anfang, och de första valvskiften eller valvstenarna på vardera sida kallas anfangsskift respektive anfangsstenar. Den vågräta linjen mellan anfangen kallas anfangslinje. Den lodräta höjdskillnaden mellan hjässan och anfangslinjen kallas pilhöjd, båghöjd eller valvhöjd.

Valvbågens spännvidd kan mätas på olika sätt, från olika punkter i konstruktionen. Ibland räknas spännvidden från mitten på valvringens anfang, vid anfangsstenarnas anfangsytor, men man kan också räkna spännvidden från valvringens valvfot längs med anfangslinjen (mellan anfangspunkterna). Räknar man på det senare viset, sammanfaller valvbågens spännvidd oftast med murverkets öppningsmått, särskilt när det handlar om enkla segmentbågar som täcker över öppningar i murverk. Men så är inte alltid fallet. Om det t ex. handlar om en sammansatt valvbåge, som utgörs av en valvring och med murade överkragningar vid anfangen, blir valvbågens spännvidd och murverkets öppningsmått olika. Det finns också exempel på valvringar som är rena förstärkningar i murverk, som inte täcker över någon öppning, och därför helt saknar öppningsmått. Sådana valvringar kallas avlastningsbågar, men konstrueras på samma sätt.

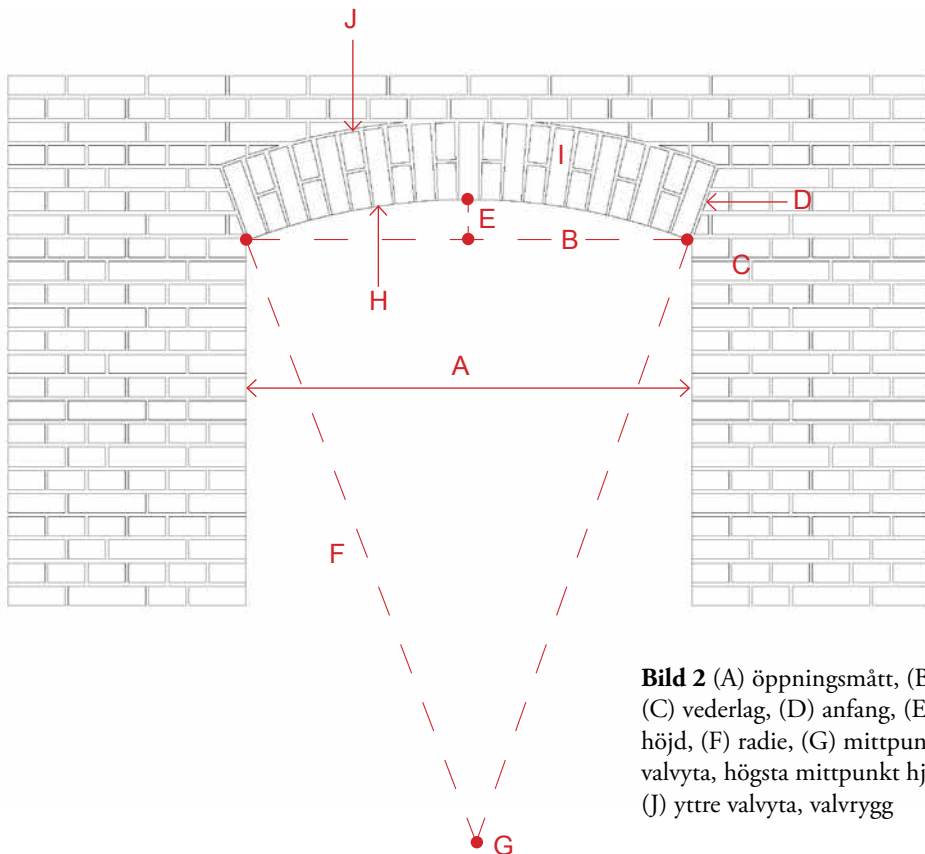


Bild 2 (A) öppningsmått, (B) spännvidd, anfangslinje, (C) vederlag, (D) anfang, (E) pilhöjd, båghöjd, valvhöjd, (F) radie, (G) mittpunkt, medelpunkt, (H) inre valvyta, högsta mittpunkt hjässan, (I) valvsten, valvskift, (J) yttre valvyta, valvrygg

3. UPPRITNING AV SEGMENTBÅGE

Här följer en beskrivning, steg-för-steg, av uppritningen och inpassningen i murverket av segmentbågen. För närmare beskrivning av grundläggande geometriska konstruktioner (mittnormal, tangent, delning av vinkel etc.) se kapitel 9.

Utgångspunkten i det här exemplet är ett murverk i tegel, i svenskt normalformat, med ett mursteg på 65 mm och en skiftgång på 75 mm. Öppningen i murverket är bestämt till 22 mursteg, som beräknat enligt formeln $n \cdot m + f$, ger ett öppningsmått på 1440 mm (se formelsamlingen: Beräkning av öppningsmått). Principen för uppritningen blir densamma om man ritat i mindre skala på ett pappersark, eller direkt i full skala på täckpapp eller en byggskiva.



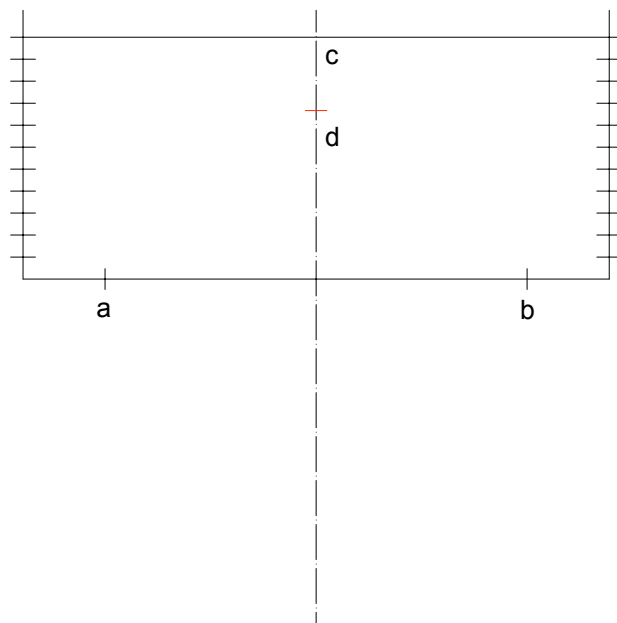
Bild 3. I mindre skala utförs uppritningen med passare, i full skala med ritstång eller annat ställbart ritverktyg.

Valvringens tjocklek

7. Mät från punkt (c) ner längs mittlinjen och sätt av valvringens tjocklek i en punkt, (d), som då kommer att utgöra mittpunkten av valvringens undersida, hjässan. I exemplet motsvarar markeringen måttet för helstens valvring i svenskt format, dvs. 250 mm.

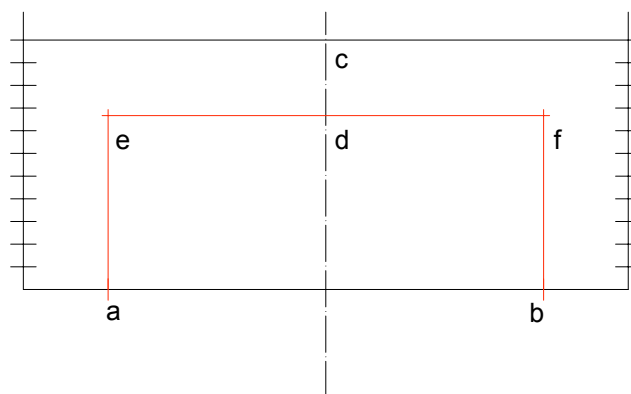
Observera

Valvringens tjocklek bestäms av dess spännvidd, bågform och belastning, samt av hållfastheten hos de material man använder sig av, och bör beräknas separat i varje enskilt fall.



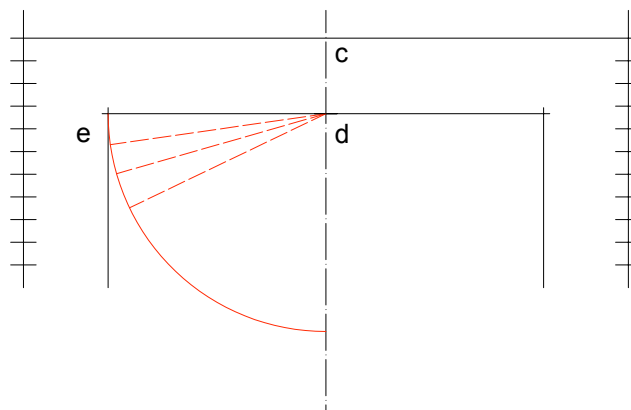
Valvringens placering i murverket

8. Dra upp sidolinjerna för öppningsmättet från punkterna (a) resp. (b), på den vågräta baslinjen, uppåt parallellt med mittlinjen, till i höjd med (d). Dra en vågrät linje genom (d), parallellt med den vågräta baslinjen, över hela öppningsmättet, så du får skärningspunkterna (e) och (f).

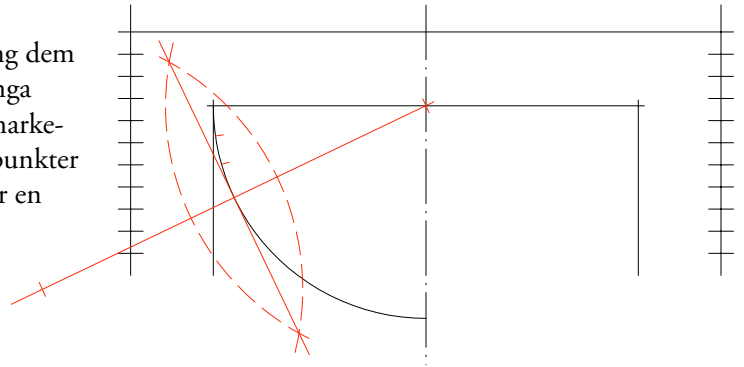


Valvringens skärningspunkt

9. Dra upp en (1/4-dels) cirkelbåge med centrum i (d), och med radien lika med (d-e), vilket motsvarar halva öppningsmättet. Sätt av några punkter (minst tre) på denna cirkelbåge. Ju flackare segmentbåge, desto högre upp på cirkeln bör de placeras.

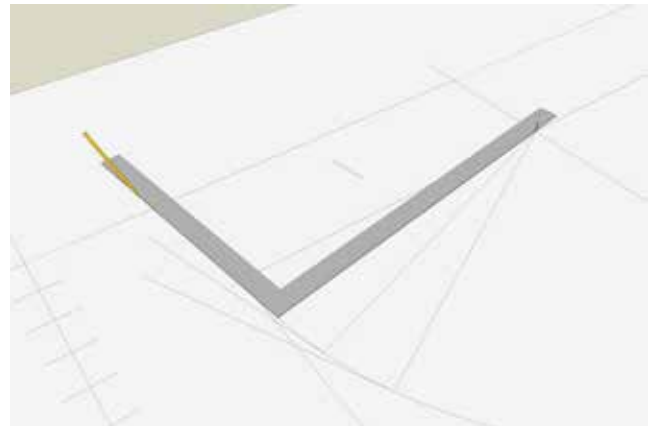


10. Rita ut tangenterna i dessa punkter, och förläng dem snett uppåt. Detta gör du enklast genom att förlänga cirkelns radier, dra ut dem genom, och förbi, de markerade punkterna, och rita ut normalerna till dessa punkter med hjälp av passare och linjal. Tangenterna bildar en rät vinkel mot cirkelns radier.

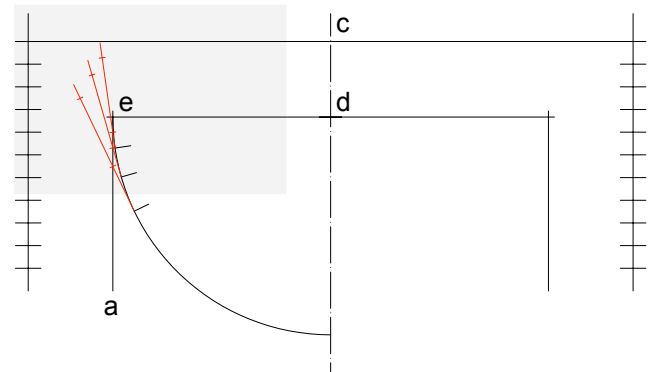


Tips

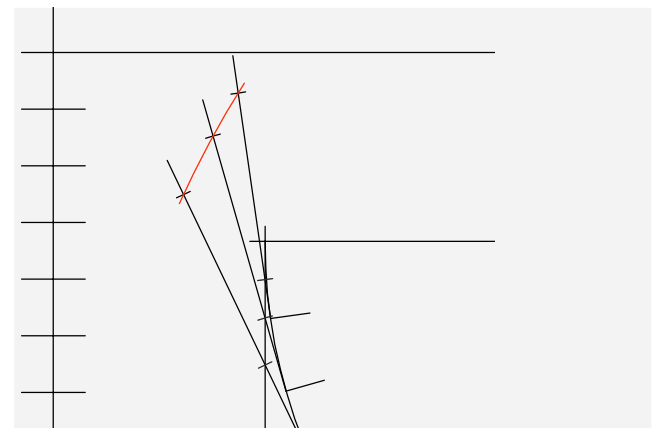
När du ritat i liten skala konstrueras tangenterna med passare. Om du ritat i full skala, använder du lättast en plåtslagarvinkel, och ritat ut tangenterna direkt, i rät vinkel från radierna på cirkeln. Du behöver bara rita ut på ena sidan, punkterna för du över till andra sidan senare.



11. Sätt av måttet för valvringens tjocklek på tangenterna med utgångspunkt från deras skärningspunkter med linjen (a-e), och snett uppåt längs linjerna. Markera skärningspunkterna med ett korsande streck innan du mäter ut tjockleken. I exemplet har vi valt helstensmått (se steg 7).



12. De avsatta punkterna bildar en kurvlinje. Rita ut kurvlinjen genom att binda ihop punkterna med en svagt böjd linje. Om du behöver förlänga denna kurvlinje, uppåt eller nedåt, sätt ut fler punkter enl. steg 9-11.



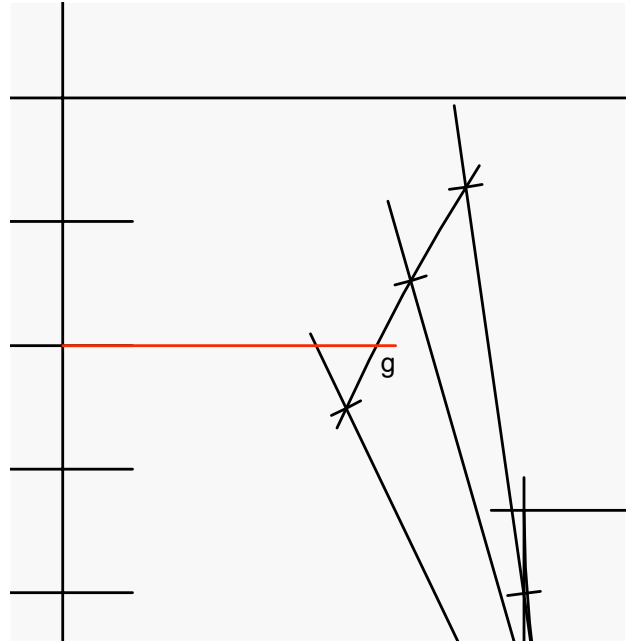
Tips

Använd en böjbar linjal eller böj en tumstock, och rita efter, när du ritat i full skala. Använd korta spik vid klackarna, som hjälp att hålla fast tumstocken.

13. Denna kurvlinjes skärningspunkter med linjerna för skiftgången, anger tänkbara lägen för valringens övre hörn, som alltid ska placeras i en liggfog.

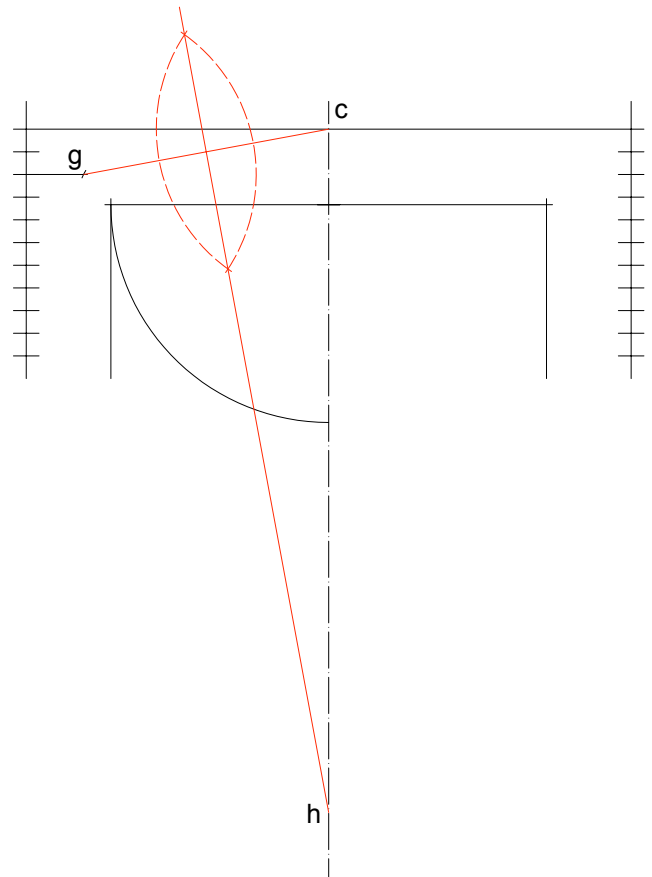
14. Rita ut skiftgångslinjen för den skärningspunkt du vill använda dig av, tills den skär kurvlinjen. I exemplet har jag valt en skärningspunkt som ligger två skiftgångar under valringens översida, och benämnt den (g).

Valet av skiftgång och skärningspunkt, och därmed placering av valringens övre hörn, bestämmer hur kraftigt valringen kommer att krökas.

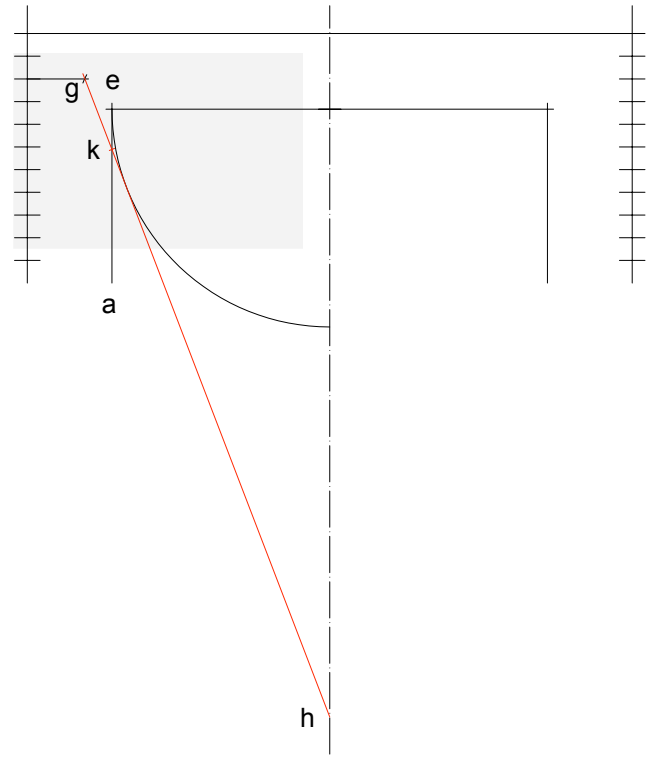
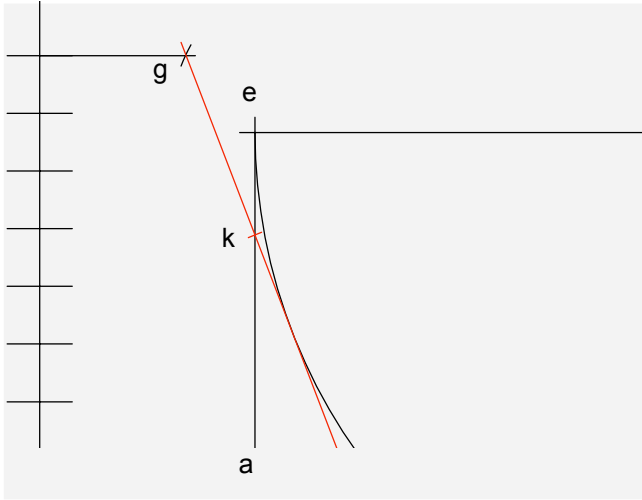


Mittpunkten

15. Du hittar valringens mittpunkt (h), där mittnormalen till en rät linje mellan (g) och (c) skär mittlinjen.

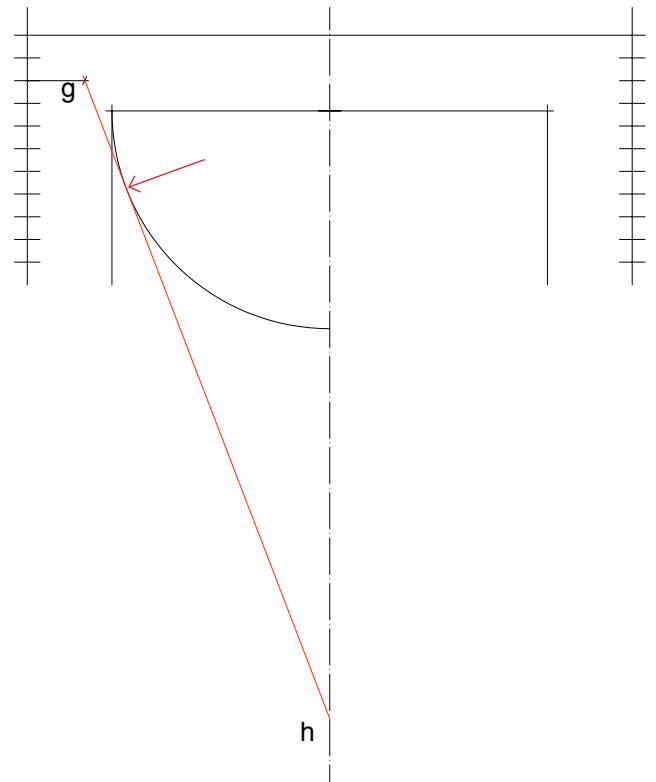


16. Dra linjen (g-h). I skärningspunkten mellan linjen (g-h) och linjen (a-e) får du punkten (k) i anfanget. Se till att måttet mellan (g) och (k) är lika med valvringens tjocklek.



Variant

Du kan också förlänga linjen direkt från (g), med linjal, så den tangerar halvcirkelbågen och skapar skärningspunkten (h) i mittlinjen. Det är viktigt att hålla nogga koll på måtten för valvringens tjocklek även med den här metoden.

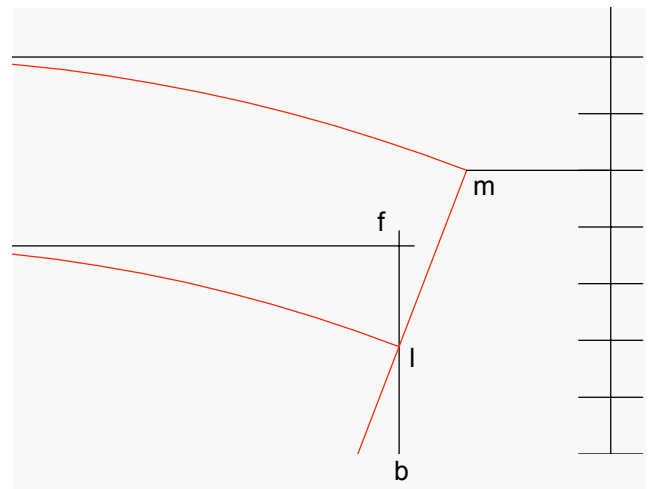
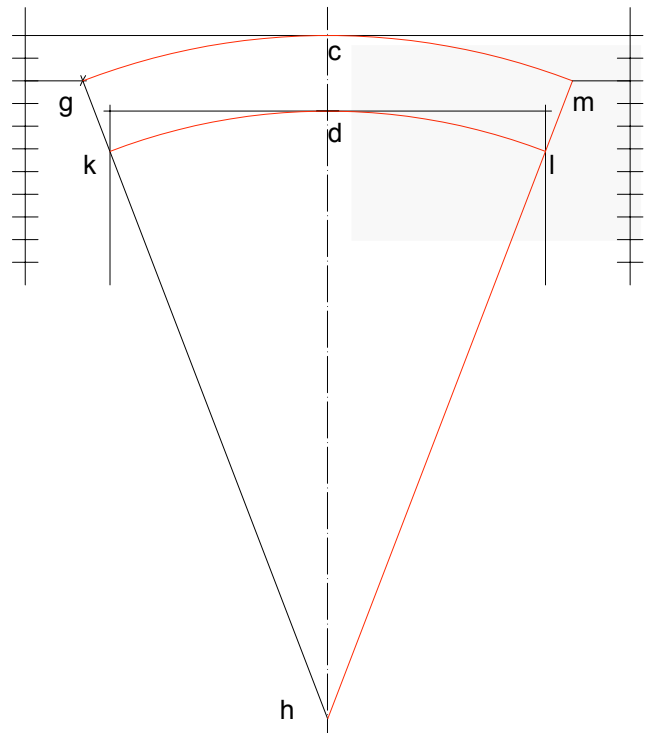


Båglinjer

17. Sätt passaren i mittpunkten (h), och slå valvringens övre och nedre båglinjer från (g) respektive (k), förbi mittlinjen genom sina respektive mittpunkter (c) och (d), över till motstående sida, till punkterna (l) respektive (m).

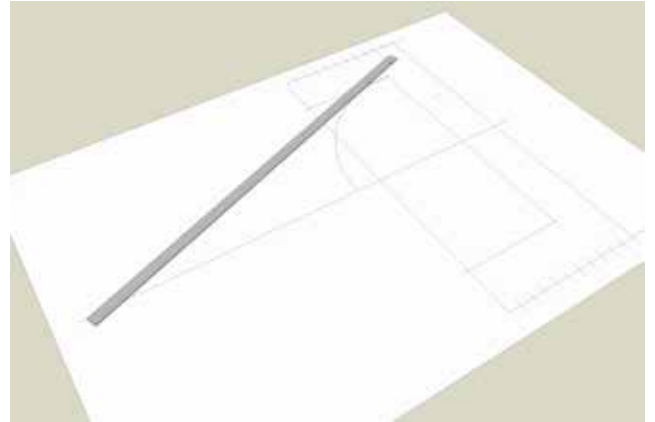
18. Dra en linje från mittpunkten (h) genom punkten (l) och vidare till (m).

Det är viktigt att den nedre båglinjen och linjen (b-f) verkligen möts i punkten (l).

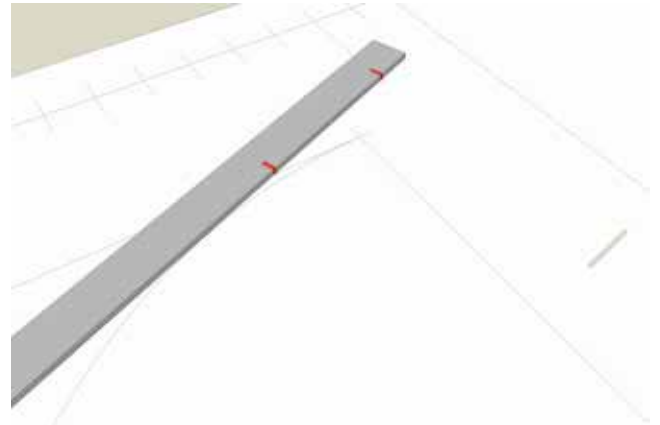


Variant

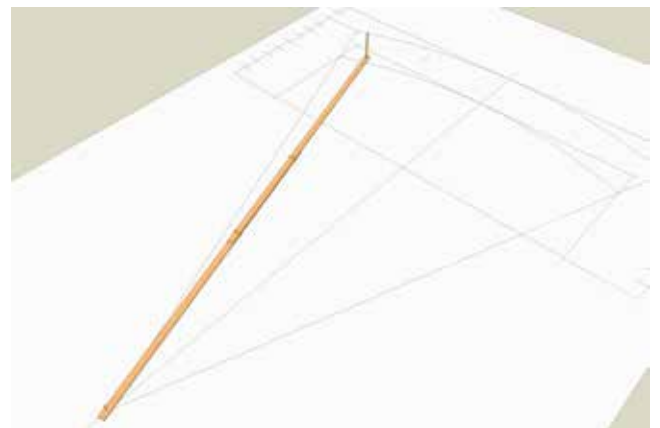
I den danska "Murerbogen" s. 134-136 (Praktisk konstruktion av segmentbue), redovisas ett praktiskt alternativ till steg 10-19, där man i fullskaleritning kan använda sig av en måttsett rätkäpp för att få fram valringens brännpunkt.



På rätkäppen sätts valringens tjocklek ut, och märkena mättas in på ritningen, så att de stämmer överens med skiftgång och öppningsmått, samtidigt som rätkäppen tangerar cirkeln. (jmf. också med steg 15). Brännpunkten och båglinjerna ritas ut på samma sätt som redovisats ovan.



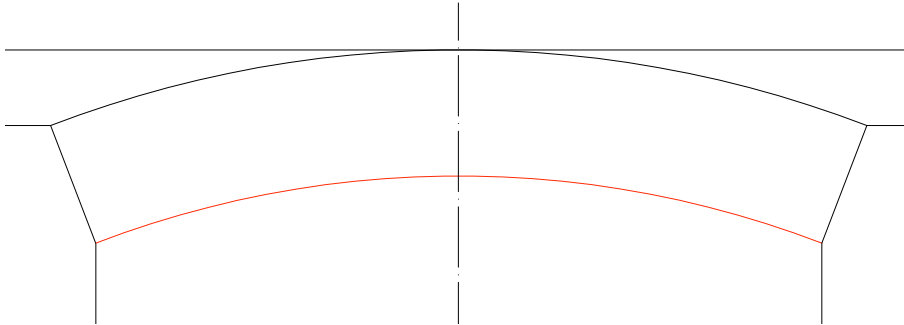
19. Båglinjen ritas ut med en ställbar ritstång eller passare.



4. BERÄKNING OCH UTSÄTTNING AV SKIFTGÅNGEN

Båglängden

Här beskrivs hur man beräknar och fördelar skiften i valvringen. Utgå ifrån den nedre båglängden i upp-ritningen (det som ska bli valvringens underkant), och avrunda den till hela millimetrar. Båglängden mäter du enklast med tumstock direkt på fullskaleritningen.



Båglängden i exemplet är 1472 mm.

Omskalning från ritning

Om du ritar i mindre skala, kan du beräkna den verkliga båglängden genom att mäta vinkeln (v) på cirkelsegmentet med gradskiva, och använda dig av formeln $(v/360) 2\pi r$.

Du kan också hitta vinkelns gradtal i tabellen över båglängder, och beräkna båglängden med hjälp av radien för båglinjen (se formelsamlingen i kapitel 12).

Matematisk beräkning av skiftgången

Båglängden i exemplet är 1472 mm

Utgå från båglängden och pröva att dividera med en lämplig skiftgång.

Den "ideala" skiftgången i en valvring har en fogtjocklek som är mellan 6 och 8 mm i nederkant, och inte överstiger 20 mm i överkant av valvringen. Skiftgångar och fogar räknas alltid i hela millimetrar.

I exemplet prövar vi med en skiftgång på 69 mm, d.v.s. en svensk sten som är 62 mm tjock med en fogtjocklek på 7 mm.

Exempel:

$$62 + 7 = 69$$

$$1472/69 = 21,33\dots$$

Resultatet innebär att det får plats, lite drygt, 21 stenar. Avrunda alltid neråt, till närmaste heltal (i detta exempel 21), och multiplicera detta med idealskiftgången, som du prövade med.

Exempel:

$$21 \cdot 69 = 1449 \text{ mm}$$

Subtrahera detta från totala båglängden.

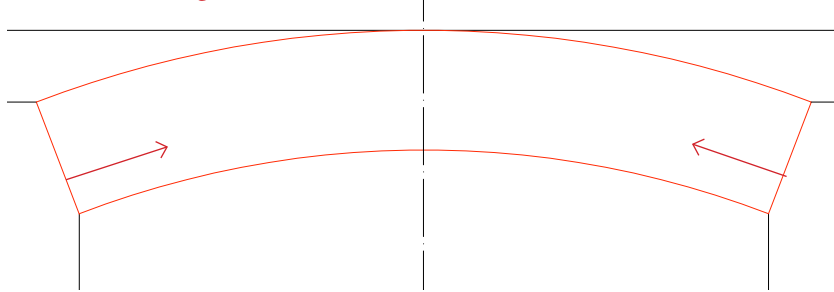
Exempel:

$$1472 - 1449 = 23 \text{ mm}$$

Du har nu 21 skift på 69 mm och 23 mm "över". Differensen bör vara lagom stor här, får du för mycket eller för litet över, får du börja om, och pröva med att öka eller minska "idealskiftgången", se formelsamling och "felsökning" i slutet av kapitlet. När du murar en segmentbåge murar du från höger anfang och in mot mitten respektive från vänster anfang och in mot mitten. Tänk därför att du delar upp antalet skift i två "högar", en höger och en vänster. Vid ojämnt antal skift i valvringen, blir det ett mer i ena högen.

Exempel:

10 st. 69 mm höger, 11 st. 69 mm vänster



Fördelning av övermått

De 23 mm som du har "över" fördelar du först på en extra fog ungefär i mitten, där höger och vänster valvskiftgång ska mötas. Om antalet valvskift är ojämnt hamnar extrafogen alltså inte helt i mitten av valvringen. Extrafogen i mitten ska vara lika som de övriga fogarna, i detta exempel 7 mm. Drar du 7 mm från 23 mm, så får du 16 mm kvar att fördela.

Exempel:

$$23 - 7 = 16 \text{ mm}$$

Anfangsfogarna, där valvringen möter vederlaget, bör vara lika som stötfogen i det omgivande murverket, i detta exempel 10 mm. Vi har utgått från en skiftgång på 69 mm, vilket innebär en fog på 7 mm. De båda anfangsskiften måste ökas på med 3 mm vardera, från 69 mm till 72 mm, för att anfangsfogarna ska bli 10 mm. ($69 + 3 = 72$ mm). Av de 16 mm du hade kvar, fördelar du nu 6 mm ($3 + 3$) till anfangsskiften.

Exempel:

$$16 - 6 = 10 \text{ mm}$$

Du har således 10 mm kvar. Dessa millimetrar som du har kvar, fördelar du symmetriskt mellan skiften på varje sida av valvringen med början utifrån och in (dock inte på anfangsfogarna), i detta exempel 10 skift, fem på höger sida och fem på vänster sida, 1 mm på varje skift, vilket gör att de skiften blir 70 mm. Alltså kommer dessa tio skift få en fog på 8 mm istället för 7 mm.

Exempel:

$$69 + 1 = 70 \text{ mm (8 mm fog)}$$

Du har nu 2 st skift på 72 mm (vid vardera anfangen), 10 st skift på 70 mm (som ska fördelas 5 st från höger och 5 från vänster), 9 st skift på 69 mm (som fördelas 4 st från höger och 5 st från vänster), och 1 st extra fog på 7 mm (som hamnar i "mitten").

Exempel:	$2 \cdot 72 = 144 \text{ mm}$	(10 mm anfangsfogar)
	$10 \cdot 70 = 700 \text{ mm}$	(8 mm fogar)
	$9 \cdot 69 = 621 \text{ mm}$	(7 mm fogar)
	$1 \cdot 7 = 7 \text{ mm}$	(den extra fogen i mitten)
	<hr/>	
	Summa = 1472 mm	(= hela båglängden)

Valvringens ytterfogar

Kontrollera att fogarna i valvringens överkant inte blir för stora, genom att multiplicera antalet valvskift i valvringen med tjockleken på stenen, och subtrahera från den övre båglängden. Dividera detta med antalet fogar i valvringen (inklusive anfangsfogarna). Resultatet bör inte överstiga 20 mm.

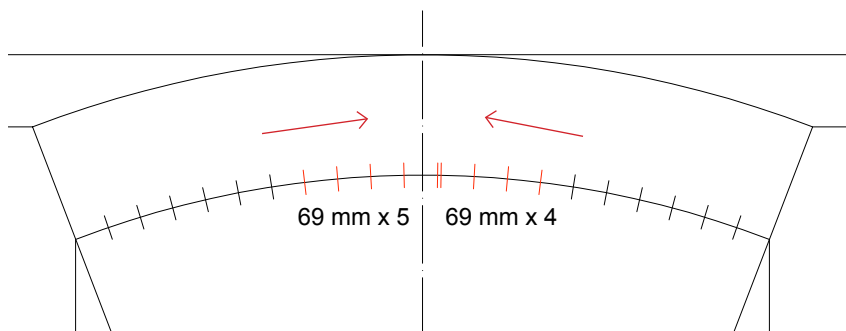
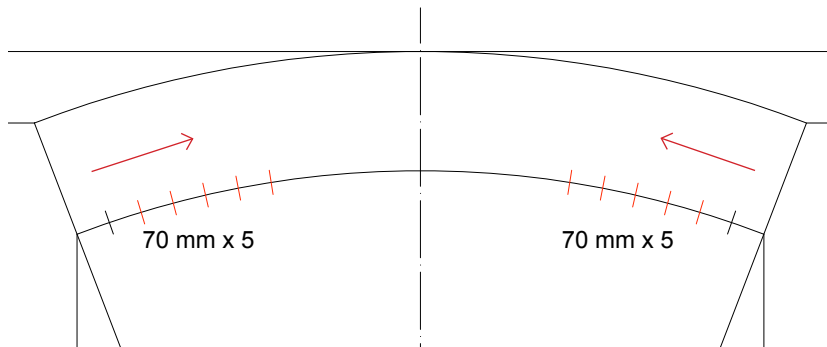
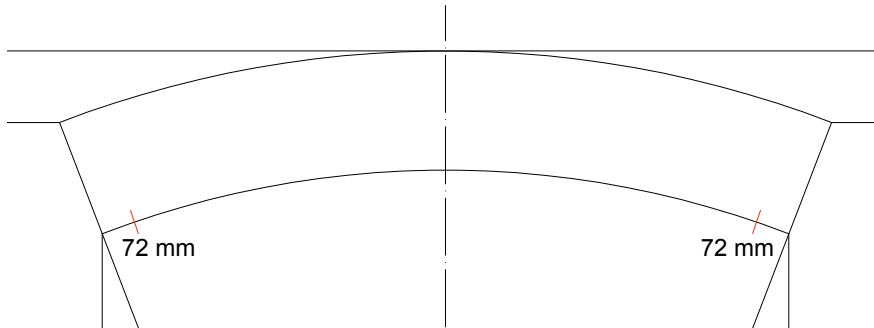
Exempel:

21 valvskift och 22 fogar:

$21 \cdot 62 = 1302$	(21 skift och stenen är 62 mm tjock)
$1658 - 1302 = 356$	(övre båglängden är 1658 mm)
$356 / 22 = 16,2$	(lite drygt 16 mm här får anses vara acceptabelt)

Utsättningen av valvringens skiftgång

När du märker ut valvringens skiftgång längs båglinjen, börjar du vid anfangen, med anfangsskiften, och går mot mitten. Tänk på att fördela de olika skiftgångarna symmetriskt, på höger och vänster sida, enligt din uträkning. Har du gjort rätt så går det jämnt ut, och höger och vänster skiftgång möter precis den extra fogen.



Felsökning

Om de millimetrar som du får ”över”, enligt uträkningen ovan, inte riktigt räcker till både extrafog och anfangsfogar kan du ”stjäla” några millimeter i anfangen, genom att flytta ut anfangsfogarna i vederlagen (i praktiken öka på båglängden några millimeter) och därmed skapa mer plats för valvringen.

Får det ändå inte plats, måste du börja om från början och antingen minska din ”idealskiftgång”, eller räkna på färre antal stenar i valvringen.

Är segmentbågens radie så snäv att stenarna måste kilsågas, är detta ett helt eget kapitel.

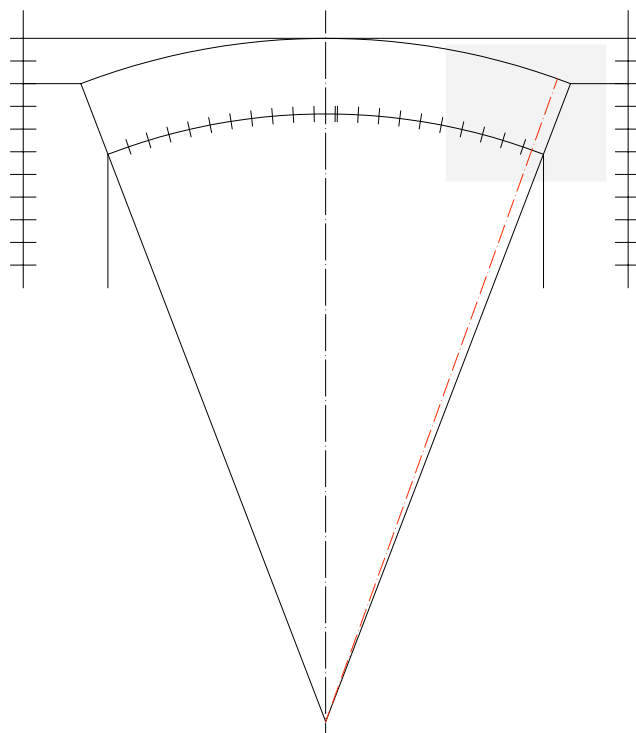
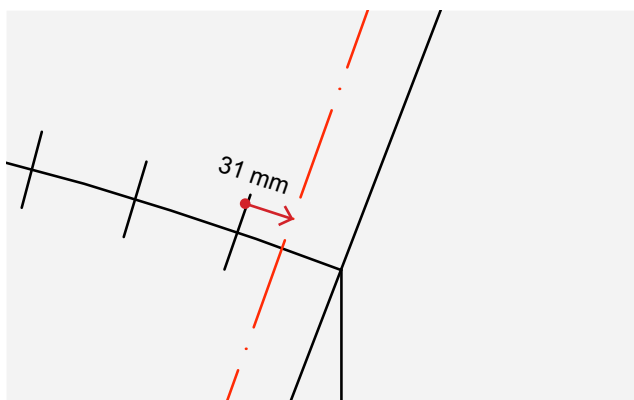
Om du får för många millimetrar ”över”, dvs. differensen blir för stor att hantera på det antal valvskift du har till ditt förfogande, börja om från början med en större ”idealskiftgång”.

Siktlinjer

När du har markerat ut hela valvringens skiftgång, ska valvstenarnas siktlinjer ritas ut. Utgå från skiftgångsmarkeringarna och mät tillbaka halva stenens tjocklek i varje skift, räknat från skiftens överkant (dvs. från mitten av bågen och ut mot sidorna).

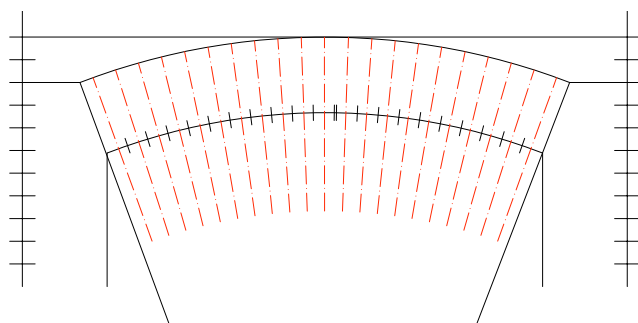
Exempel:

Stenen är 62 mm tjock, vilket ger $62 / 2 = 31$ mm



Rita ut siktlinjerna för varje sten, på höger respektive vänster sida om mitten, och rita ut dem nedåt, under valvringen, med riktning mot segmentbågens mittpunkt. I detta exempel blir valvbågens mittlinje samma som mittstenens siktlinje, eftersom antalet valvskift är ojämnt.

Siktlinjerna kommer att ritas ut på valvstommens framsida, och användas för att sikta in lutningen på valvstenen, när valvringen muras.

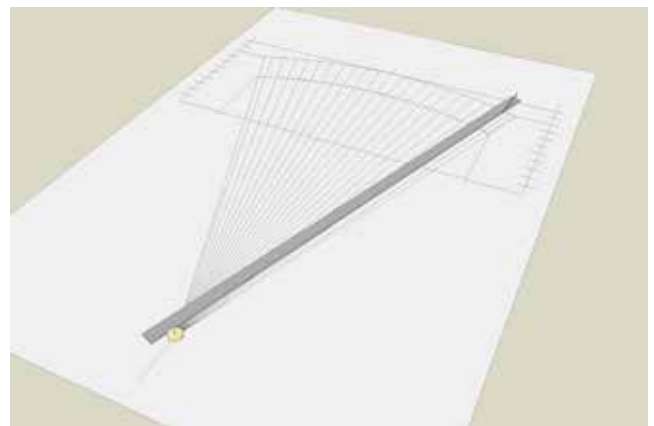
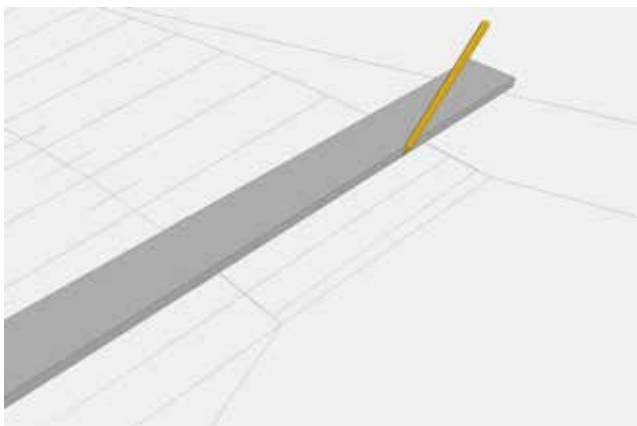
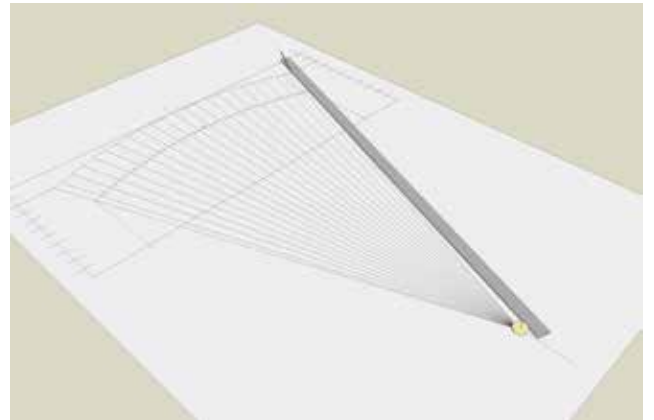
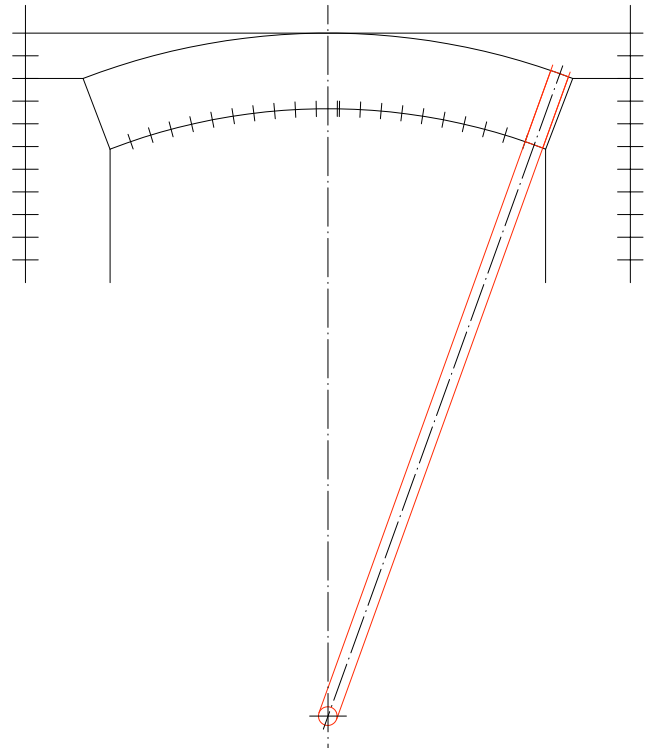


Anfangsvinkeln

I exemplet är valvbågen konstruerad så att både anfangsstenarna, vid respektive vederlag, och mittenstenen, slutstenen, utgörs av löpstenar på högkant. Det är inte alltid möjligt att få till valvringen så, beroende på valvbågens geometri och båglängd. Om det, t.ex., är ett jämnt antal valvskift i valvringen, kommer ena sidans anfangsskift att utgöras av koppstenar.

Rita ut anfangsstenarna i anfangsskiften, på båda sidor i valvringen. Utgå från skiftgångsmarkeringen och siktlinjerna, och mät ut stenens tjocklek. (Ex: 62 mm). Siktlinjerna blir stenarnas mittlinje, och anfangsfogarna ska vara 10 mm. (enligt uträkningen av skiftgången). Stenarnas sidor ska vara parallella och riktas mot en cirkel som ritas kring mittpunkten på ritningen, med en diameter som är lika med stenens tjocklek. I exemplet är stenen 62 mm tjock, det ger alltså en cirkel med en diameter på 62 mm.

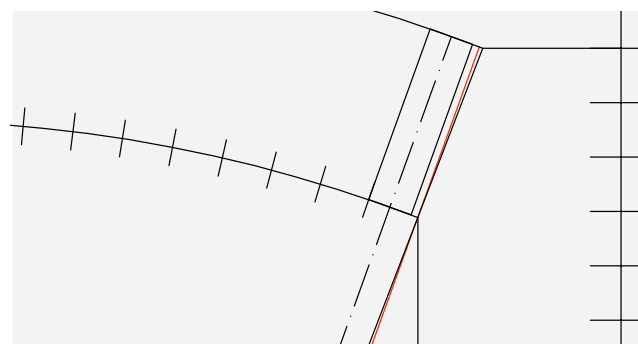
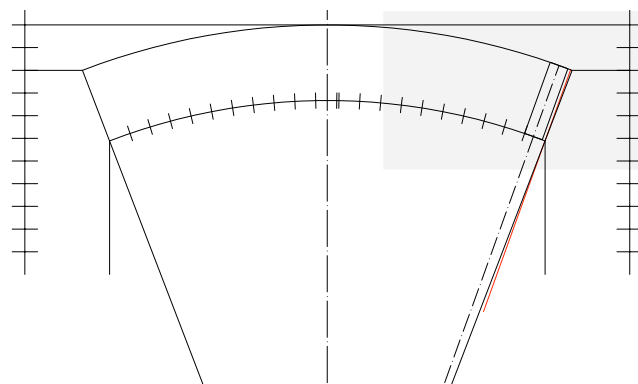
I full skala ritas stenarnas sidor lättast ut med hjälp av en lång rätskiva, som får stöd vid mittpunkten av en utsågad trätrissa, med, i detta exempel, diametern 62 mm. Stenarnas högra sidor ritas från trissans högra kant, och stenarnas vänstra sidor från trissans vänstra kant.



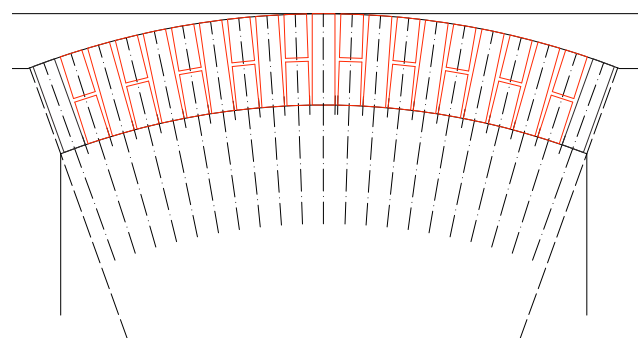
Anfangsvinkeln på vederlagen måste justeras till att gå parallellt med anfangsstenens sida, så att anfangsfogen blir jämntjock, 10 mm, i hela sin längd, till skillnad mot de övriga valvfogarna, som blir kilformade.

Dra linjen för anfangsvinkeln vid vederlaget, parallellt med anfangsstenens sida. Utgå från punkten där båglinjen startar, upp längs valvringens hela tjocklek, och förläng sedan linjen också nedåt under valvringen.

Linjerna för anfangsvinkeln, kommer att ritas ut på valvstommens framsida, så att du senare, när du ska mura, kan mäta in hur vederlagsstenarna ska huggas vid anfangen.



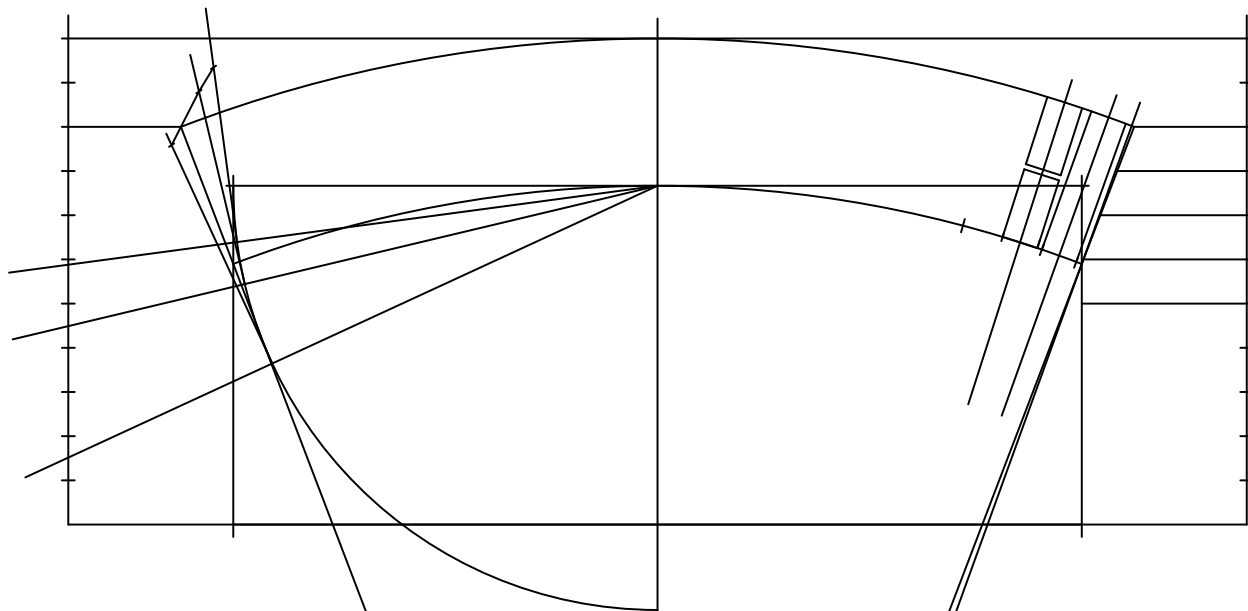
De övriga valvstenarna kan ritas ut på samma sätt som anfangsstenarna, med siktlinjerna som mittpunkter, och skiftgångsmarkeringarna som utgångspunkt för placeringen i valvringen. Alla valvfogarna blir här kilformade. Det är inte nödvändigt att rita ut alla stenarna i valvringen, men det är ett bra sätt att kontrollera att förbandet stämmer.



Rita ut murskiftgången för vederlagen fram till valvringens anfangsfog. Rita också ut vederlagsstenarna som hjälp sen när du ska mäta in stenarna till murningen. Var noga med att få rätt förband vid muröppningens sidor och i vederlagets murning, så det stämmer med skiftens förband i muren.



Mall för den färdiga konstruktionsritningen



Valvbågens skiftgång

Yttre fogtjocklek, mm: -16 mm
Inre fogtjocklek, mm: 7 och 8 mm
Antal stenar i valvringen: 21 st

Skiftgångar och extra fog:

ex.: $2 \cdot 72 \text{ mm} = 144 \text{ mm}$
 $10 \cdot 70 \text{ mm} = 700 \text{ mm}$
 $9 \cdot 69 \text{ mm} = 621 \text{ mm}$
 $1 \cdot 7 \text{ mm} = 7 \text{ mm}$
Summa = 1472 mm

Murverket

Stenstorlek, mm: 250 x 120 x 62
Skiftgång, mm: 75 mm
Mursteg, mm: 65 mm
Öppningsmått i mursteg: 22 ms
Öppningsmått i mm: 1440 mm

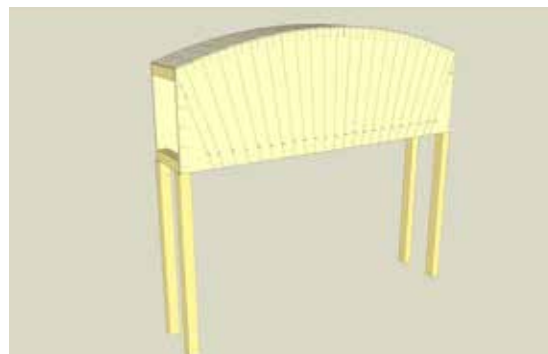
Bågen

Yttre radie, mm: 2260 mm
Inre radie, mm: 2010 mm
Vinkel (ν) i grader: 42°
Yttre båglängd, mm: 1658 mm
Inre båglängd, mm: 1472 mm

5. BYGGE AV VALVSTOMME

De flesta valvbågar kan inte bära sig själva under murningsarbetet. De behöver därför stöd och muras på valvstommar, vanligen av trä. När du ska bygga en valvstomme utgår du från utslagningen av bågen och beräkningen av skiftgången, på en fullskalig ritning ritad på täckpapp eller byggskiva.

Material som åtgår är regelvirke, 10 mm plywood, 3 mm masonit, skruv och spik.

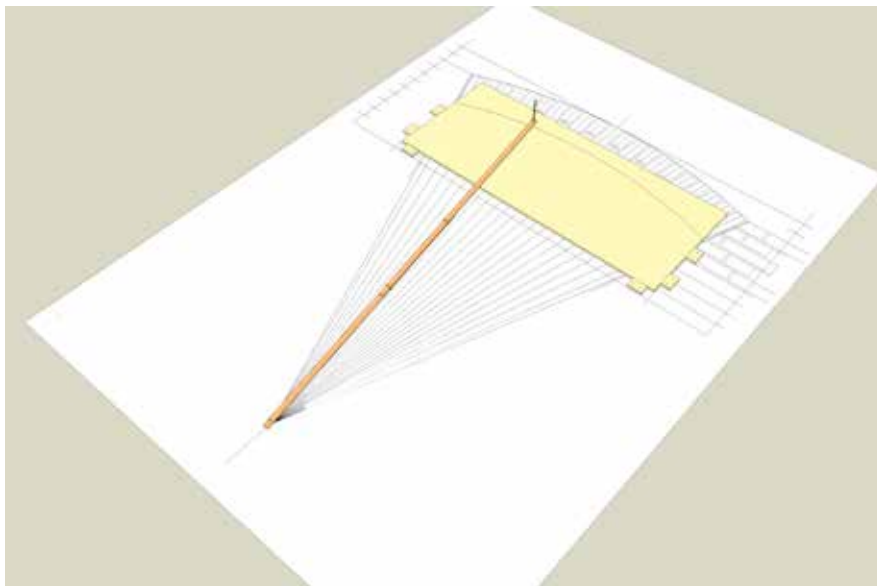


Den färdiga valvstommen till segmentbågen.

Utsågning

Utgå från ritningens mått och såga ut två skivor i plywood, en framsida och en baksida, till din valvstomme. Skivorna ska vara lite smalare på bredden än det öppningsmått du ritat (så att det kommer att finnas lite ”glapp” i sidorna, när den monteras i muröppningen).

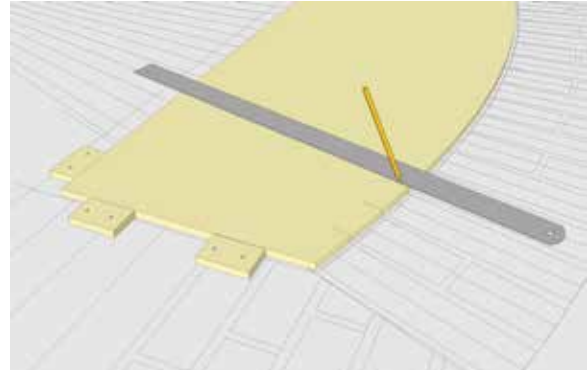
Montera fast styrklossar till en jigg, på ritningen, så att både fram- och bakstycket kan fixeras i rätt läge.



Tänk på att centrera skivan, så att det blir lika stort ”glapp” på båda sidorna. Rita ut båglinjen på båda skivorna, efter varandra, i samma jigg. Använd en ställbar ritstång/passare. Ta hänsyn till tjockleken på valvstommens lock (3 mm masonit) när du ritar ut båglinjen på skivorna (är valvringen smal kan locket ibland uteslutas.)



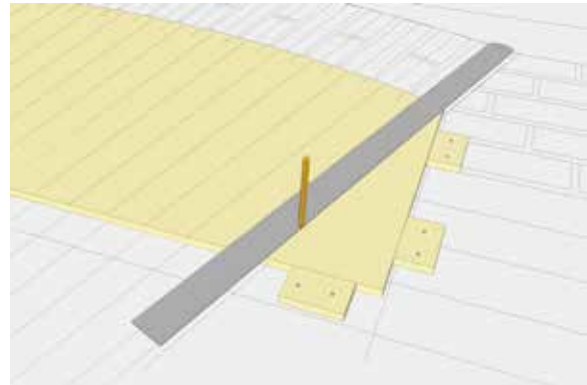
Såga ut båda skivorna och lägg tillbaka framsidan i jiggen.



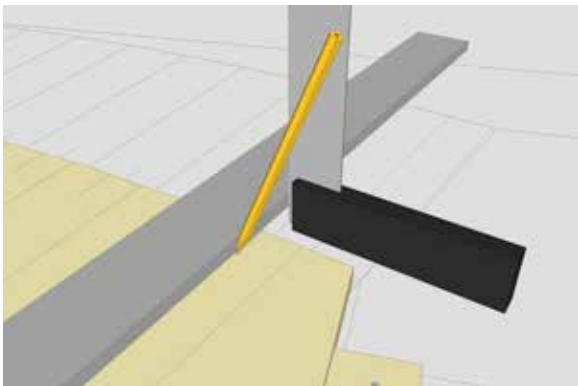
För över skiftgångsmarkeringarna.



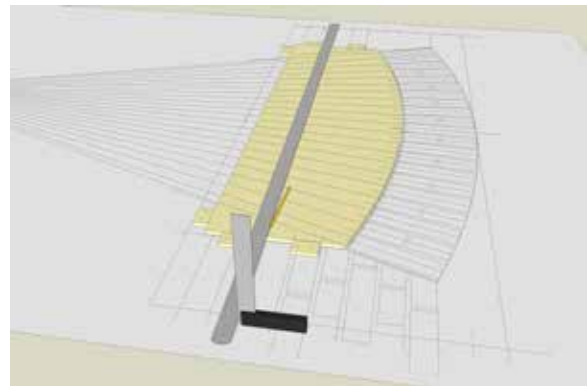
För över siktlinjerna från ritningen, till den plywood-skiva som ska bli valvstommens framsida.



För också över linjerna för anfangsvinkeln från ritningen till skivan.

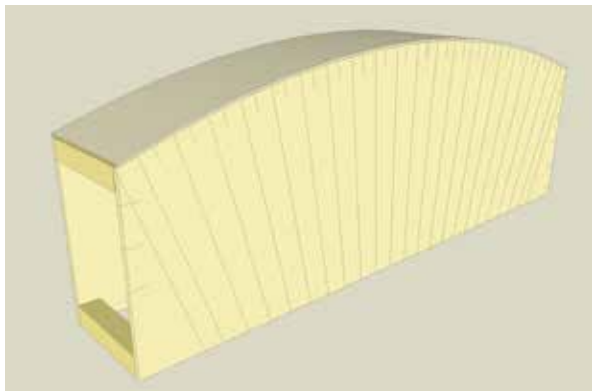


Använd en vinkelhake som hjälp när du för över linjerna från pappersritningen till skivan.

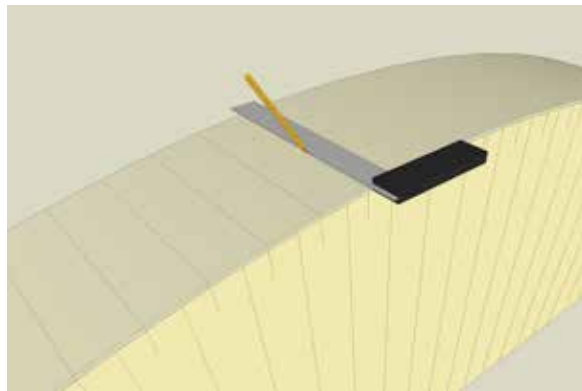


För över det omgivande murverkets skiftgång på stommens framsida. Även valvstommens mittlinje markeras på skivans framsida, för att underlätta vid monteringen i muren.

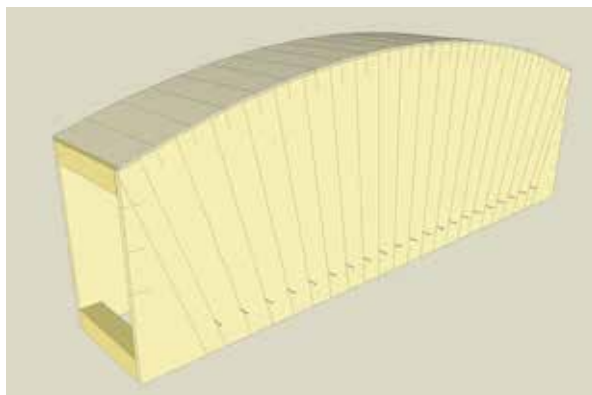
Montering



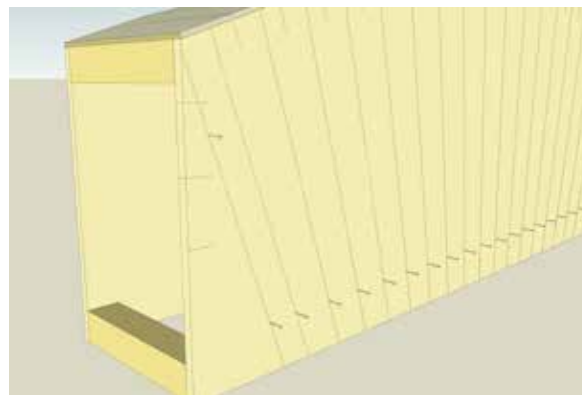
Valvstommen byggs ihop, så att den passar i muren där den ska användas.



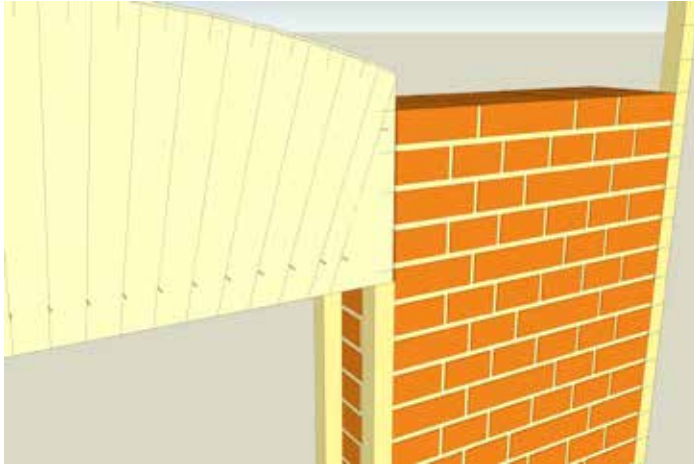
Segmentbågens skiftgångsmarkeringar (inte siktlinjerna) från valvstommens framsida, förs över på stommens ovansida/lock och ritas ut, i valvstommens hela djup, att användas som hjälplinjer när du murar valvringen. Använd en anslagsvinkel.



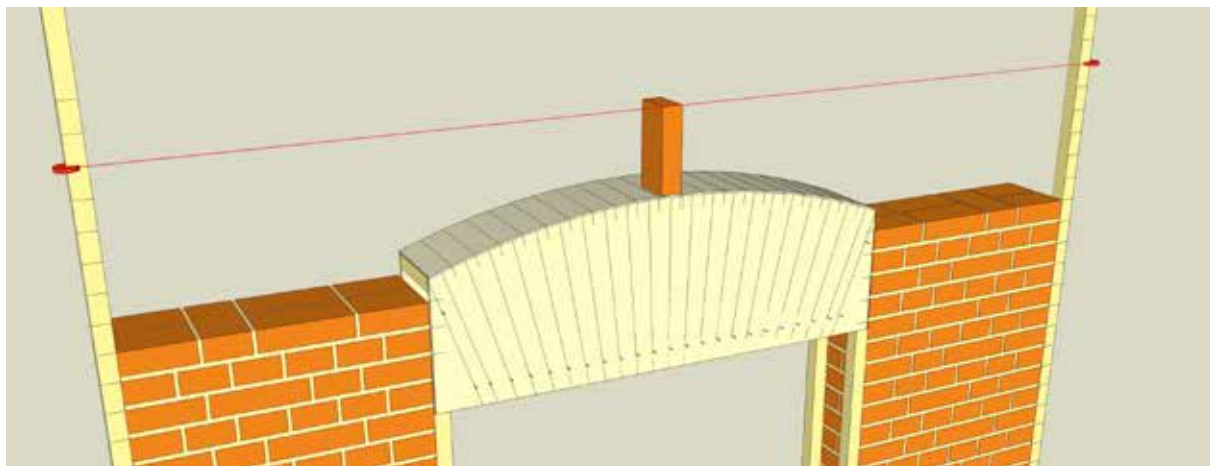
Slå fast små spikar i varje siktlinje, i stommens underkant. Dessa ska senare användas som hjälp, när valvstenarna skall riktas in och muras.



Slå också fast spikar på linjerna för anfangsvinkeln. De kommer att användas till att hänga en riktsticka på, för murning av vederlagsskiften.



Valvstommen monteras in i muröppningen, centreras med mellanlägg eller kilar, och anpassas i höjddled med kilar under benen, så att markeringarna på stommens framsida av murens skiftgång stämmer i höjd med källningen. Se till att valvstommen monteras i våg.

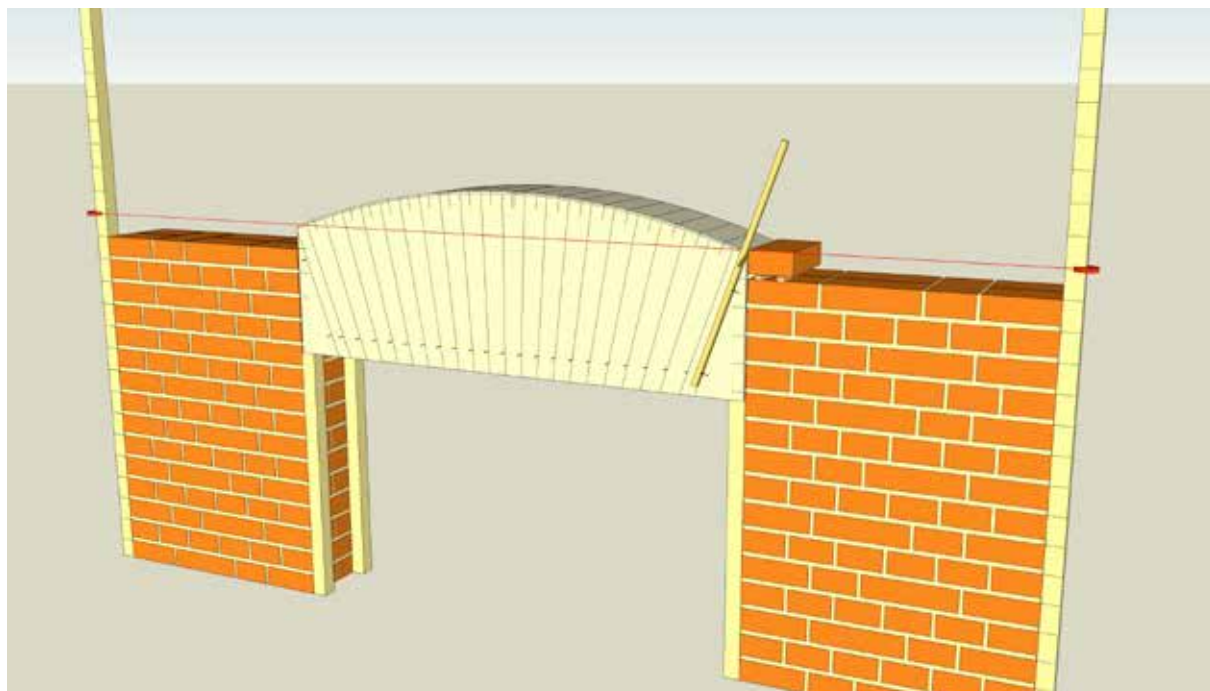


Kontrollera med sträcksnöret och en lös sten stående precis i mitten på valvstommen, att överkanten (d.v.s. den färdiga valvringens övre båglinje, valvrygg) verkligen kommer att tangera där den ska i muren. I det här fallet är ju valvringen en sten tjock, om valvringen är större får man istället mäta. Justera valvstommen lite i höjddled om det behövs. Det är viktigare att överkanten på stenen hamnar i rätt höjd i skiftgången, än att skiftgångens markeringar på valvstommen stämmer exakt med källningen vid valvstommens sidor. Däremot är det viktigt att valvstommen monteras i våg.

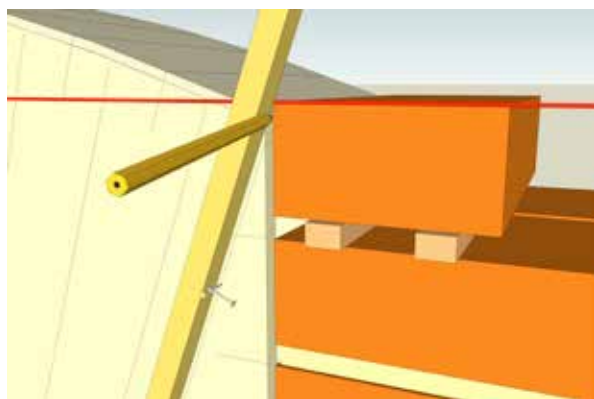
Tips

Alla tegelstenar varierar lite i måtten. Använd en ”lång” sten, när du kontrollerar höjden vid hjässan, så blir det lättare att få till anfangsstenarna snyggt, det kan vara lite ont om plats vid anfangen på den här sortens båge.

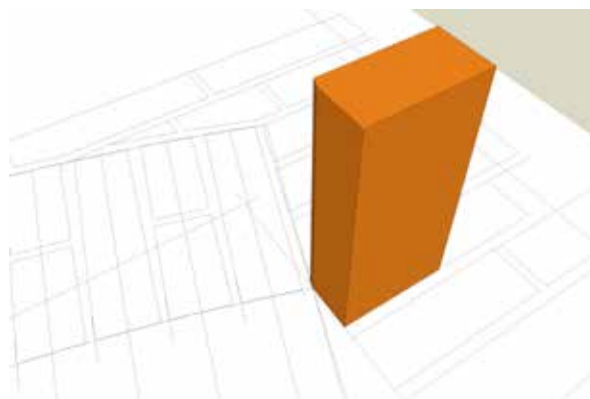
6. MURNING AV VALVBÅGE



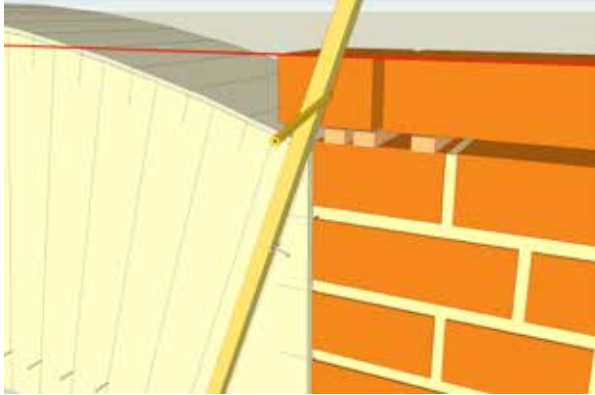
När du ska rita ut vinkeln på vederlagen placerar du vederlagsstenarna på mellanlägg med samma höjd som fogen, och mättar in dem på rätt plats i förhållande till stötfogen och linjen för anfangsvinkeln med hjälp av en riktsticka, och i rätt höjd med hjälp av sträcksnöret. Fogstickor av olika tjocklek är användbara som mellanlägg under stenarna, för att få dem i rätt höjd.



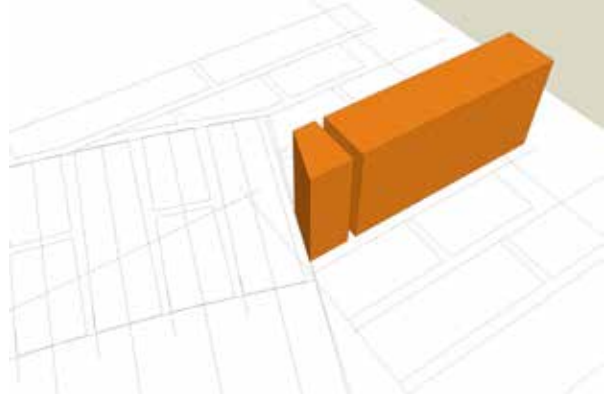
Riktstickan förses med spikar som små krokar, och kan hängas upp på spikarna som redan är inslagna på valvstommens framsida. Även mindre avfasningar av vederlagsstenen närmast anfanget är viktiga att få med.



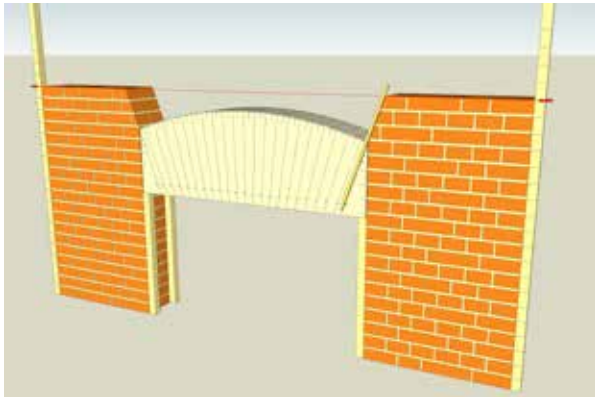
Du kan också ta hjälp av din ritning, och mäta ut vederlagsstenarna i förväg.



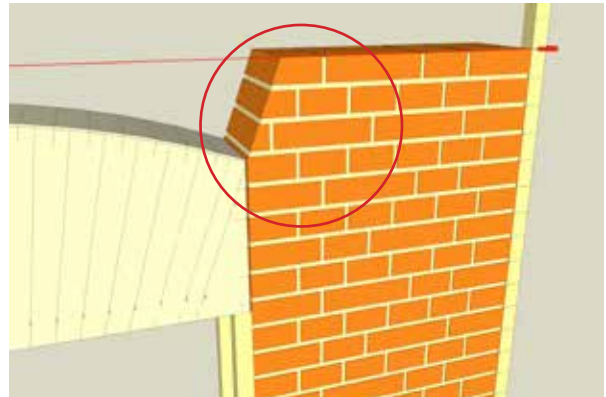
De påföljande vederlagsskiften i anfanget måttas in på motsvarande sätt, med hjälp av riktstickan och sträcksnöret.



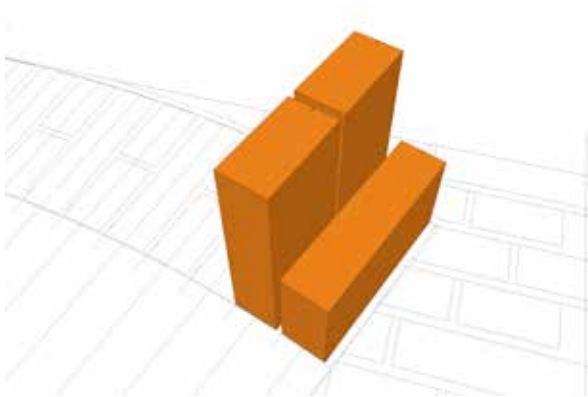
Även här kan du ta hjälp av ritningen, och måtta ut stenarna.



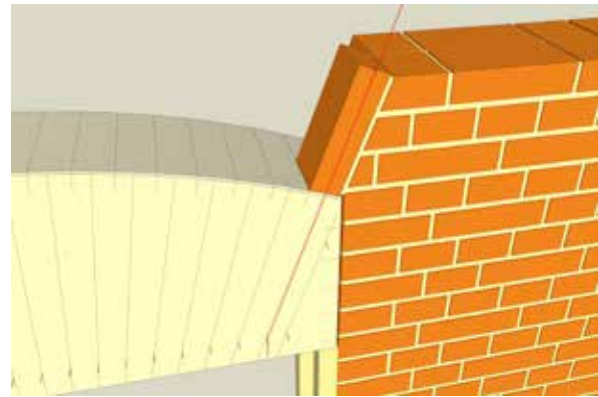
Vederlagen muras upp på båda sidor, med hjälp av riktstickan och sträcksnöret. Valvstenarnas lutning riktas in med hjälp av samma riktsticka, som flyttas mellan sidorna.



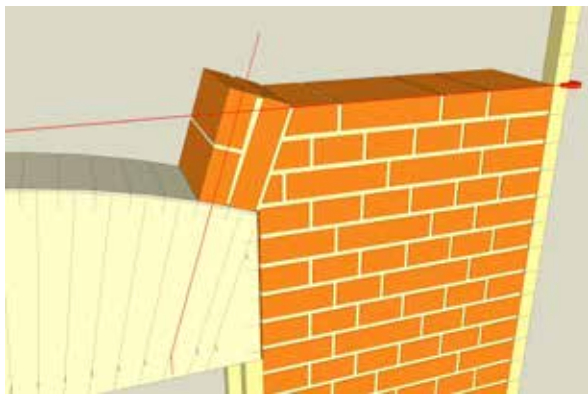
Tänk på att följa förbandet i murverket; det ska inte finnas några hjälppformat (krysshavor, 3/4-stenar eller pettringar) i anslutning till valvringens anfang.



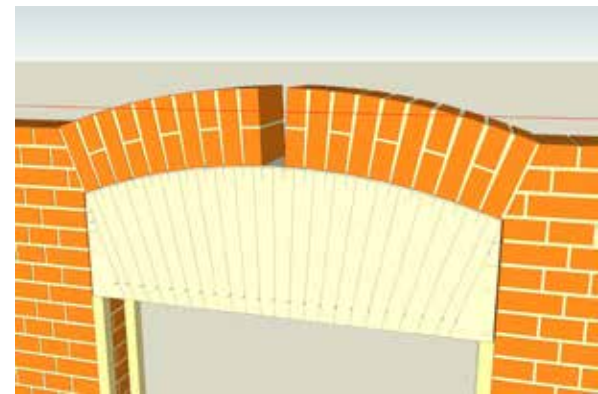
Valvstenarna väljs ut, sorteras och förbereds. Den här valvbågen muras i helstens pelarförband, dvs. vartannat skift stående stenar med löpsidan utåt, och vartannat skift liggande stenar med koppssidan utåt. De stenar som ska synas utåt i valvringen provas ut på ritningen, och stenarnas mitt markeras diskret på översidans framkant. Det gäller både det stående löpskiftens och de liggande koppsskiftens stenar. Mittmarkeringen på överkanten behövs för att man ska kunna ge stenarna rätt vinkel och rätt riktning mot valvbågens mittpunkt, vid murningen.



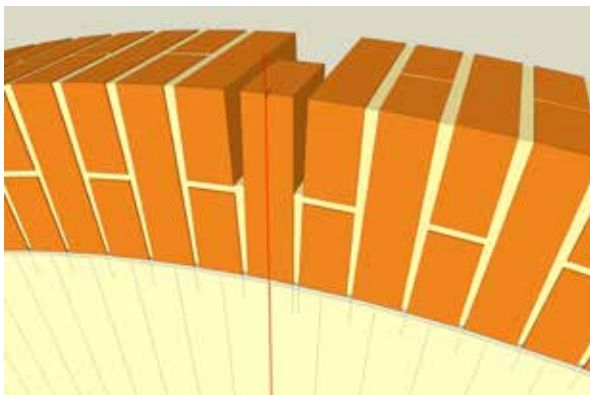
Börja murningen av valvringen med de båda anfangsskiften. Stenarna passas in på valvstommen, med kanten mot skiftgångsmarkeringarna, och med hjälp av ett riktsnöre som sträcks från spiken längs med siktlinjen på valvstommens framsida, riktas stenen in med hjälp av mittmarkeringen i överkant. Se till att snöret följer linjen på valvstommens framsida, samtidigt som det löper längs valvstenens mittlinje. Det är också viktigt att se till att stenen står på skiftgångsmarkeringen, och inte trampar över linjen som går tvärs över valvstommens lock, det får inte bli för trångt i valvringens bakkant.



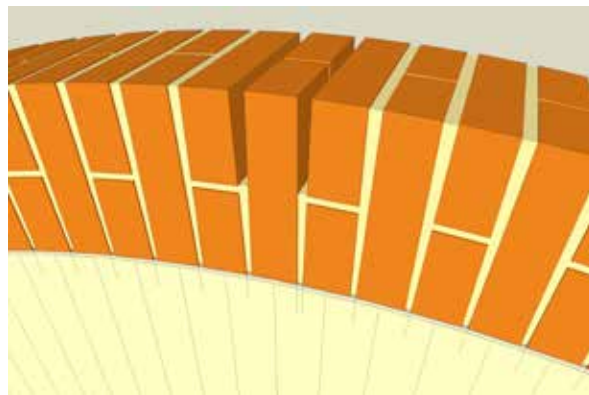
Sträcksnöret spänns i lämplig höjd framför de valvstenar man murar. Detta för att man ska kunna rikta in stenarnas fasad i liv med den omgivande vederlagsmurningen och se till att de inte lutar utåt.



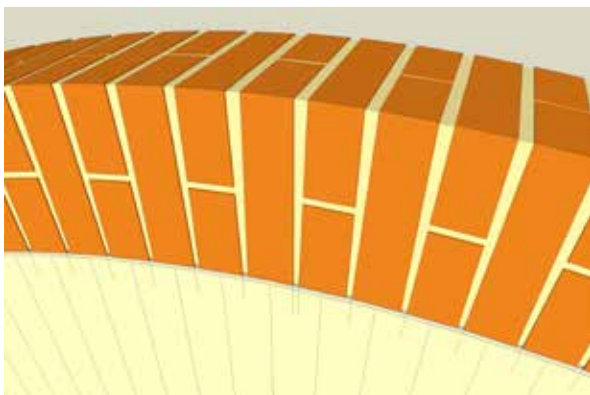
Valvstenarna muras omväxlande från höger och vänster sidor, in mot mitten. Sträcksnöret flyttas med, allteftersom man murar högre upp.



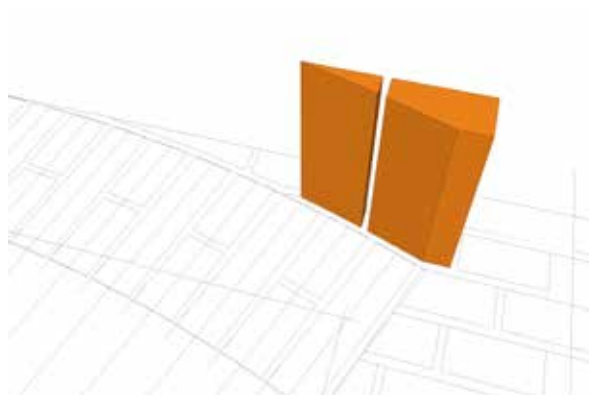
I sista skiftet i mitten av valvringen, muras den stående löpstenen fast med bruk bara i den nedre halvan, så att det lättare går att rikta in den efter riktsnöret.



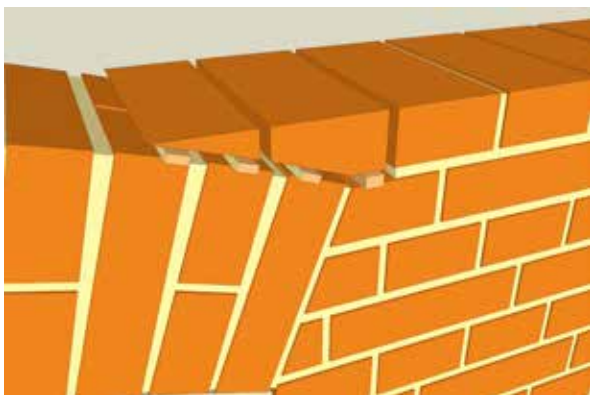
Därefter muras den bakre stående stenen på samma sätt.



Till sist fylls fogarna i, uppifrån, med fogslev, och packas hårt.



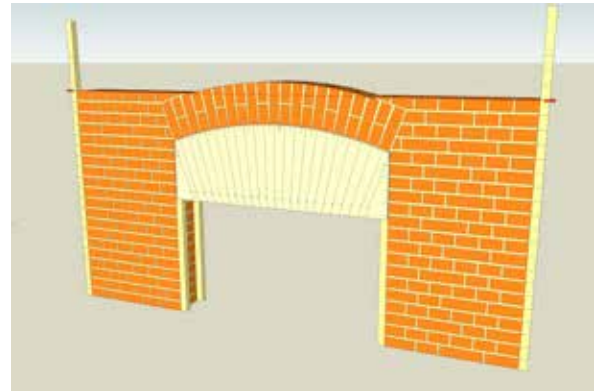
Skiftets stenar ska ansluta till valvringens övre valvyta mäts in på ritningen, och huggs eller sågas till rätt storlek.



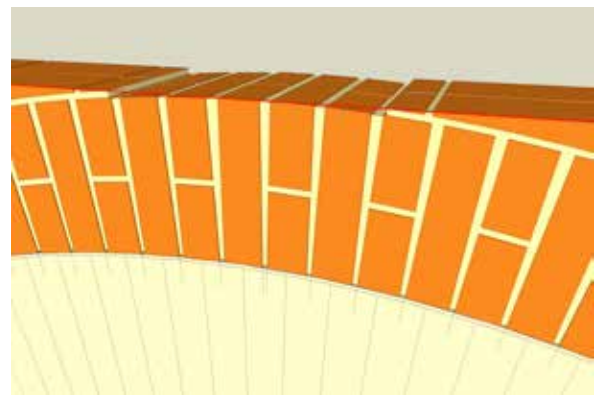
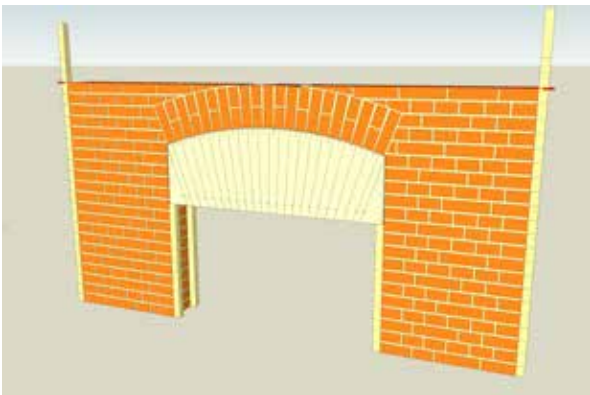
Skiftets stenar provas ut på samma sätt som vederlagsstenarna, med mellanlägg, och mäts in på rätt plats i förhållande till skiftgången och stöfögarnas placering. Det är viktigt att hålla rätt avstånd, så det inte blir sidoförskjutningar i förbandet, det kommer att se illa ut när nästa skift läggs.



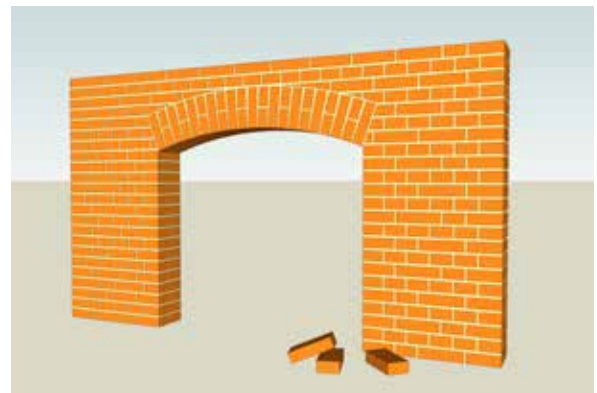
Fogen runt valvringen ska vara jämntjock, hålla samma bredd som de omgivande liggfogarna och följa båglinjen. Det kan vara nödvändigt att fasa av den sågade underkanten på stenen lite grann, så att den följer linjen på ett mjukt sätt.



Båda sidorna muras upp med hjälp av sträcksnöret. Här är det viktigt att valvringen inte lutar utåt och stör sträcksnöret.



Överkanten på det sista skiftet som muras mot valvringens rygg, ska tangera övre valvytan på valvringen. Här är det extra viktigt att hålla koll på stötfogarnas placering, så det inte blir sidoförskjutningar i förbandet.



De sista skiften ovanför valvringen muras som vanligt, och förbandet ska stämma när de båda sidorna möts i mitten över valvbågen.

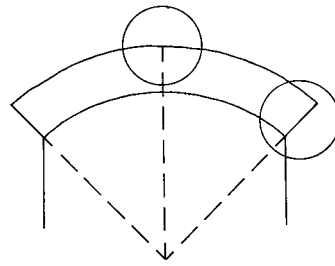
7. VANLIGA KOMPLIKATIONER

Segmentbågen är en vanlig bågform i traditionellt murverk, och den innehåller de flesta moment och komplikationer som också förekommer i andra bågformer. Segmentbågens övre valvyta, valvryggen, måste anpassas till murverkets skiftgång i sin högsta punkt, vilket kan göras på två sätt; antingen välja att tangera skiftgången, och låta övre valvlinjen ansluta till liggfogen i skiftet ovanför, eller, vid väldigt korta och flacka segmentbågar, låta valvringens övre båglinje, valvryggen, ”klyva” mitt i skiftet.

Anfangens lutning vid vederlagen, måste också anpassas till det omgivande murverkets skiftgång, som beskrivningen ovan visar. Beräkningen av en valvbåges skiftgång, följer samma princip oavsett vilken bågform man arbetar med.

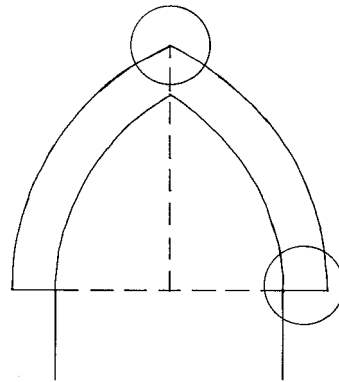
Spetsbågen (den gotiska eller götiska bågen) består i princip av två segmentbågar lutade mot varandra, med samma geometri, och delvis samma tillämpning när den ritas ut, men med komplikationer i spetsen där bågarna möts, och vid anfangen, där mötet blir horisontellt i förhållande till det omgivande murverkets tegelskift, och valvringens anfangsstenar ansluter till en horisontell liggfog.

Korgbågen har en valvrygg, liksom segmentbågen, med samma problematik i anpassningen till murverkets skiftgång och liggfogar. Olikt segmentbågen, som består av endast ett cirkelsegment, är korgbågen sammansatt av tre eller flera cirkelsegment och har även en komplikation i övergången mellan de olika segmenten. Den har också samma komplikation vid anfangen som spetsbågen har, med anfangsstenar som ansluter till en horisontell liggfog.



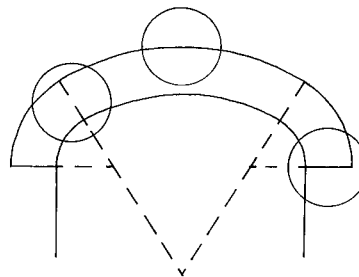
Segmentbåge:

- Valvryggens placering
- Anfang i vinkel



Spetsbåge:

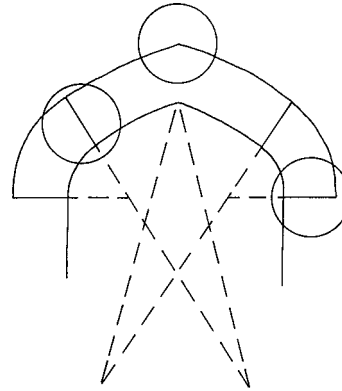
- Mötet i spetsen
- Horisontella anfang/liggfog



Korgbåge:

- Valvryggens placering
- Övergång mellan segment
- Horisontella anfang/liggfog

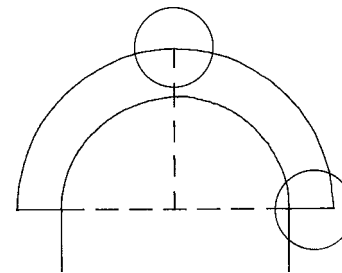
Tudorbågen uppvisar alla komplikationer, såväl mötet i en spets i toppen, som övergångar mellan cirkelsegment och anslutning till horisontella anfang. Beroende på om tudorbågen konstrueras med parabelbågar eller med cirkelsegment, ser komplikationerna olika ut.



Tudorbåge:

- Mötet i spetsen
- Övergång mellan segment
- Horisontella anfang/liggfog

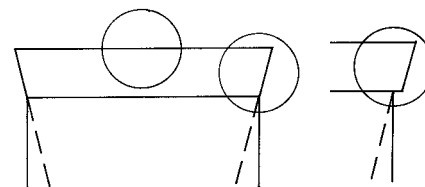
Rundbågen (den romanska bågen eller halvcirkelbågen) är en segmentbåge till sin karaktär, men eftersom den utgörs av en halv cirkel, ansluter den till vederlaget i horisontella anfang, parallella med omgivande murverkets tegelskift och delar den problematiken med spetsbågen, korgbågen och tudorbågen. Rundbågen har också en valvrygg, liksom segmentbågen, med samma problematik i anpassningen till murverkets skiftgång.



Rundbåge:

- Valvryggens placering
- Horisontella anfang/liggfog

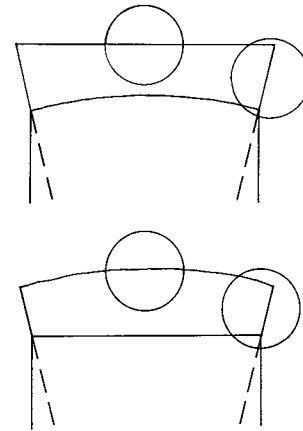
Rakt valv (rak övertäckning) är i allt väsentligt konstruktivt en segmentbåge. Valvstenarna riktas mot en gemensam mittpunkt, och trycklinjen i valvringen följer samma principer som i segmentbågen, men den har i sin grundform en rak överkant, som följer liggfogen i murverket, och en nästan rak underkant (med bara en svagt höjd båglinje). Konstruktionsritningen utförs annorlunda jämfört med övriga bågformer, men komplikationerna vid de lutande anfangen liknar segmentbågens. Med ett rakt valv har man möjlighet att välja att gå ut med valvringens anfang i vederlaget.



Rakt valv:

- Anfang i vinkel
- Anslutning till murverkets skiftgång
- Utflyttade anfang

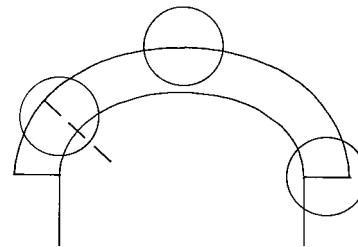
Varianter av det raka valvet, som kombinerar segmentbågens båglinje med rak översida eller omvänt, kombinerar det raka valvets undersida med båglinje som översida, är i konstruktivt hänseende att betrakta som segmentbågar, och konstrueras som sådana, vad gäller mittpunkt och valvskiftgång.



Varianter på segmentbåge med rak över- eller underkant

- Valvryggens placering
- Anfang i vinkel

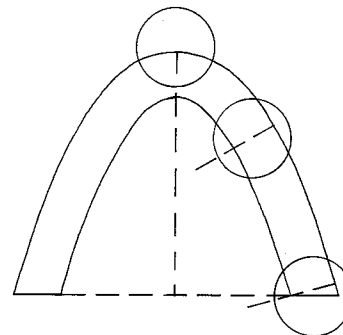
Ellipsbågen har komplikationer vid valvryggen och vid anfangen, precis som korgbågen. Eftersom den är konstruerad som en halv, liggande, ellips, saknar den radier och cirkelsegment med gemensamma mittpunkter, och varje valvskift måste ges en egen siktlinje.



Ellipsbåge:

- Valvryggens placering
- Siktlinjer
- Horisontella anfang/liggfog

Parabelbågen måste också passas in i murverket, i toppen av valvryggen, och den har lutande anfang, liksom segmentbågen. Likt ellipsbågen, saknar parabelbågen radier, och varje valvskift ges en egen siktlinje, dock ser geometrin annorlunda ut, jämfört med ellipsen.



Parabelbåge:

- Valvryggens placering
- Siktlinjer
- Anfang i vinkel

8. PROBLEMLÖSNING

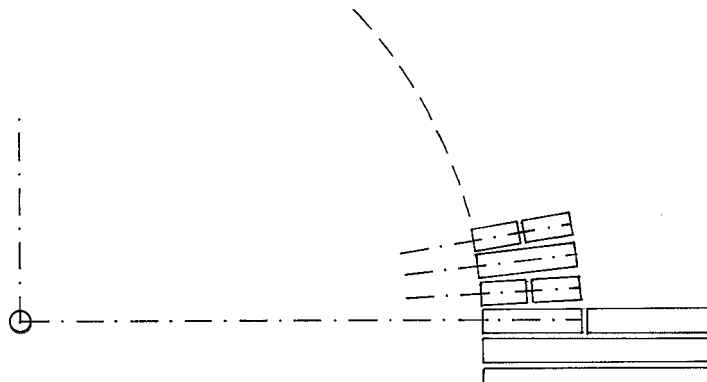
Alla dessa komplikationer i murverket i och kring den murade bågen kan lösas på olika sätt, i olika varianter. Illustrationerna i kapitlet visar endast på principer, och är inte skalenliga.

Horisontella anfang

En gemensam komplikation föreligger för alla bågar med horisontella anfang, som ansluter till murverkets skiftgång i en liggfog. När anfangsstenarnas centrala siktlinje riktas mot bågformens geometriska mittpunkt, riskerar man att anfangsstenarna lutar lite, i förhållande till det omgivande murverket. Särskilt på mindre bågar kan detta ställa till problem.

Rundbågens radie bestäms av öppningsmättet i muren, och ska placeras så att valvringens ovansida, valvryggen, tangerar en skiftgång. Helst ska då bågens centrum (mittpunkten) hamna lite ovanför det skift som utgör vederlag, så att rundbågens anfangslinje ligger så nära anfangsstenarnas mittlinje som möjligt. Detta för att det ska finnas plats att vinkla anfangsstenarna och rikta stenarnas mittlinje mot bågens mittpunkt. Om anfangsstenarnas mittlinje ligger precis i höjd med rundbågens mittpunkt, blir de helt horisontella. Höjden till hjässan i rundbågen bestäms av öppningsmättet, men förhållandet till murverkets skiftgång kan man påverka indirekt genom att öka eller minska öppningsmättet och därmed spännvidden i den tänkta rundbågen.

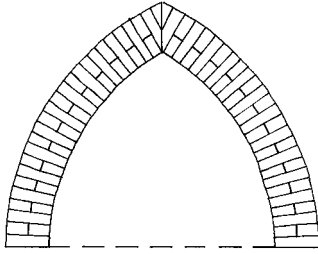
Alla valvstenar i valvringen ska sen riktas mot samma mittpunkt, och valvskiften fördelas ut enligt samma princip som för segmentbågen.



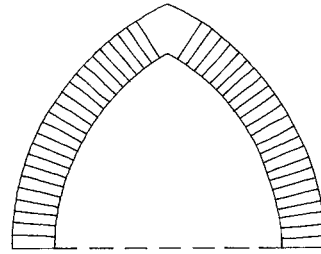
Detsamma gäller för korgbågen, tudorbågen, spetsbågen och ellipsbågen, men i motsats till rundbågen, kan man i alla dessa bågformer själv påverka båg höjden (pilhöjden), och därmed placeringen av anfangslinjen i förhållande till det omgivande murverkets skiftgång, när man ritat bågens geometri.

Mötet i spetsen

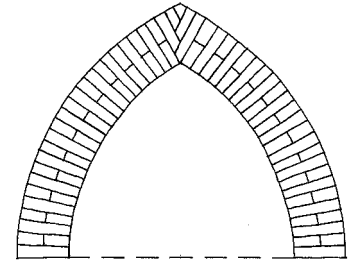
Valvstenarnas möte i spetsen på spetsbågen kan lösas på en rad olika sätt. Valvringens utseende och antal valvskift som ska fördelas påverkar valet av lösning. Här följer några vanliga varianter.



Mötet i spetsen kan hanteras genom att valvstenarna i toppen kapas så att de möts i en vertikal fog.

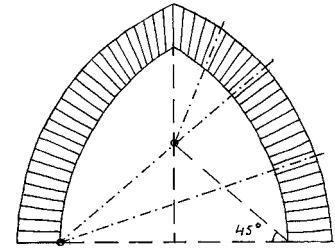


En större slutsten i annat material kan placeras i spetsen, utformad så att den tar upp vinkelskillnaden.

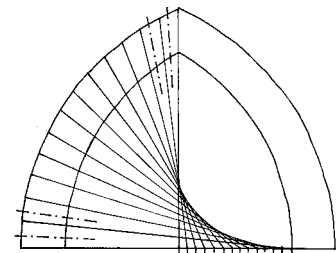


Stenarna kan kapas och muras ihop i ett fiskbensmönster.

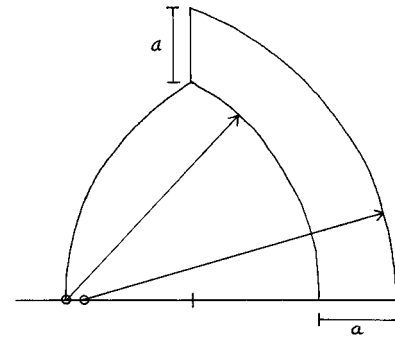
Mötet i spetsen är också möjligt att hantera genom att riktningen på siktlinjerna för valvskiften i bågens övre del ändras med hjälp av en ny mittpunkt gemensam för de övre skiften, belägen en bit upp på spetsbågens mittaxel. $2/3$ upp, eller i skärningspunkten från en linje i 45° från anfangspunkterna brukar anges, men punkten kan anpassas efter valvskiftgången. De sista valvstenarna muras ihop med en vertikal valvfog i spetsen, utan att man behöver kapa stenarna. Beräkningen av skiftgången längs båglinjen följer samma princip som för segmentbågen, men man tar hänsyn till att valvskiften i bågens övre del får en mindre radie och att de får en förändrad vinkel mot båglinjen.



Ytterligare ett sätt är att, längs spetsbågens baslinje (anfangslinje), fördela ut separata siktpunkter för varje valvskift i segmentet, så att varje skift vinklas lite mer än det föregående. Det gör att bågsegmentens valvstenar möts i en vertikal valvfog i spetsen, utan att man behöver kapa stenarna. Man delar in halva baslinjen i lika många delar som motstående bågsegment har valvskift, och ger varje valvskift en egen siktlinje riktad mot separata siktpunkter på baslinjen, mittemellan delmarkeringarna. Beräkningen av skiftgången längs båglinjen följer samma princip som för segmentbågen, men man tar hänsyn till valvskiftens successivt ökande vinkel mot båglinjen.



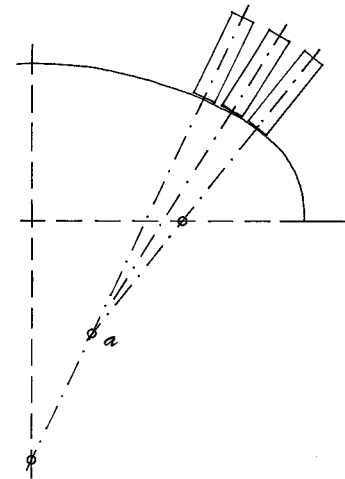
När man konstruerar spetsbågen på något av dessa två sista sätt, kan den yttre och den inre båglinjen inte ha samma medelpunkt, eftersom valvstenarna inte ligger vinkelrätt mot båglinjen hela vägen, och valvringens tjocklek måste följa stenarnas lutning om man vill att första och sista valvstenarna/valvskiften ska vara lika långa (a). Stenarna måste i båda fallen snedkapas och anpassas i måtten. Detta tar man hänsyn till när man ritat den inre och den yttre båglinjen, och när man väljer förband på valvringen.



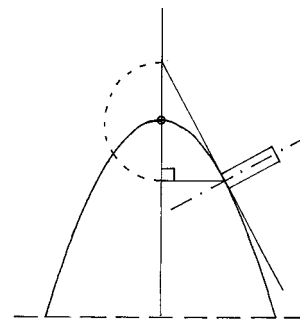
Tudorbågen har samma komplikation i överkanten som spetsbågen. Oavsett om är den konstruerad som en sammansatt båge med fyra medelpunkter eller med hjälp av parabler, kan man gå tillväga på liknande sätt som för spetsbågen. Är den konstruerad med parabelbågar, har man inga cirkelsegment med mittpunkter eller radier att hantera utan man får konstruera siktlinjer för varje valvskift, med hjälp av tangenter och normaler (se ”siktlinjer” nedan).

Övergångar mellan bågsegment

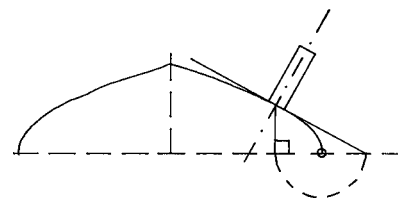
Övergången mellan bågsegmenten i sammansatta bågar, såsom korgbågen och den sammansatta tudorbågen (och även spetsbågen, om den är manipulerad med en extra mittpunkt, se ovan), kan behöva mildras. De kilformade fogarna kan upplevas ändra bredd och riktning för plötsligt, i bytet mellan mittpunkterna för valvstenarnas siktlinjer i de olika bågsegmenten. Detta kan hanteras med hjälp av en sekundär siktlinje för den första valvstenen i övergången från den mindre radien till den större radien. Siktlinjerna för de båda valvskiften på var sin sida om ”övergångsstenen” dras till sina mittpunkter. Siktlinjen för valvskiftet med den mindre radien dras sedan förbi sin mittpunkt på anfangslinjen, tills den skär siktlinjen för valvskiftet med den större radien. Den sekundära siktpunkten (a) placeras i den skärningspunkten, och används för att sikta in ”övergångsstenens” riktning.



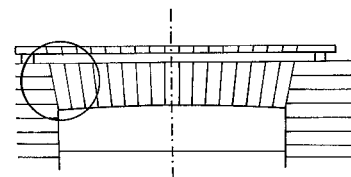
Valvstenarnas siktlinjer i parabelbågen motsvaras av normalerna till parabelns tangenter i valvstenarnas mittpunkter på båglinjen. Tangenten i en viss punkt på båglinjen fås genom att en vågrät linje dras från punkten på båglinjen, tills den skär mittlinjen. Avståndet från skärningspunkten upp till toppen på parabeln sätts av på den uppåt förlängda mittlinjen, med utgångspunkt från bågens hjässa. Därifrån dras tangenten genom sin punkt på båglinjen, och normalen till tangenten i den punkten tas ut. Normalen går vinkelrätt mot tangenten, och utgör siktlinje för valvskiftet. Detta utförs på alla de valvskift man vill ha siktlinjer för.



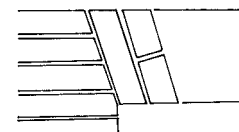
Om tudorbågen är konstruerad av två halva, liggande, parabelbågar, skapar man siktlinjer för valvstenarna enligt samma princip som i den stående parabelbågen.



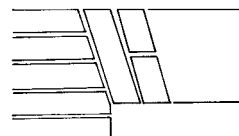
Det raka valvet konstrueras på ett något enklare sätt än segmentbågen. Varje valvskift ges en riktning med hjälp av markeringsringar på en måttbräda placerad i valvmurningens överkant, och med valvskiftens mittlinjer och skiftgång markerad på valvstommen. Man väljer en lutning på ca 15-30 grader i anfangen.



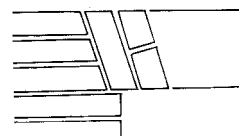
Valvstenarnas överkanter i det raka valvet sågas för att följa murverkets skiftgång och för att passa mot den överliggande liggfogen. Valvstenarnas underkanter sågas också, så att de följer den svagt böjda båglinjen i valvets undersida.



Ibland sågas även stenarna i valvets pelarförband, så att alla stötfogar i valvringen blir horisontella.



Med ett rakt valv har man också möjlighet att välja att gå ut med valvringens anfang i vederlaget. Beräkningen av skiftgången följer samma princip som för segmentbågen.



9. GEOMETRISKA GRUNDFORMER

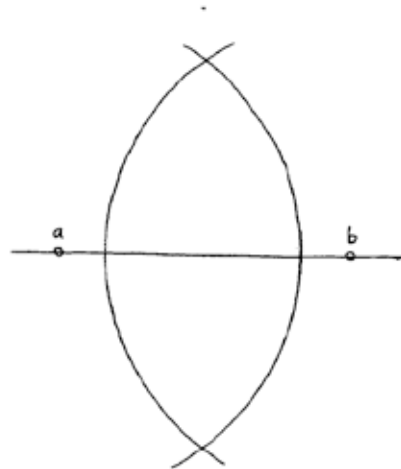
Mittnormalen

En normal är en linje som är vinkelrät mot en given linje (eller plan). Normalen är viktig i hantverkarens praktiska användning av geometrin.

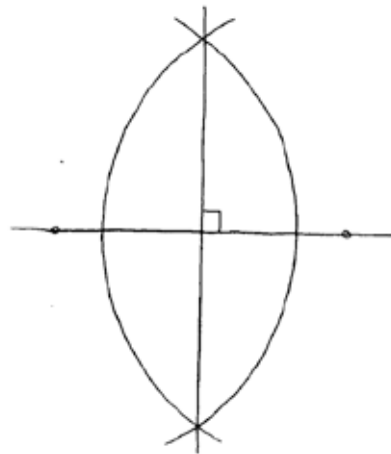
Figur 1. Med en mittnormal delas en sträcka på mitten i en rät vinkel. Placera två punkter, (a) respektive (b), på en rak linje med önskat avstånd.



Figur 2. Slå en cirkelbåge med radie större än halva sträckan (ab). Utgå först från (a), sedan med mittpunkt i (b). Cirkelbågarna korsar varandra över sträckan (ab) och under sträckan (ab).



Figur 3. Förbind cirkelbågarna skärningspunkter med en linje. Denna linje är normal till (ab). Linjen delar sträckan (ab) i mitten i rät vinkel, dvs. 90 grader.



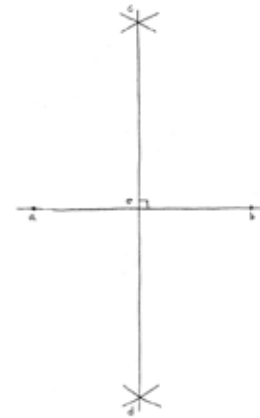
Då cirkelbågens radie för avsättning av normalen är lika med sträckan mellan punkterna formas en likbent triangel.



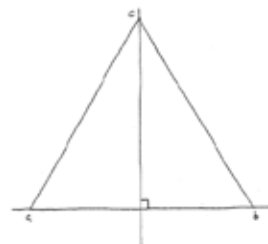
Figur 1 – 2. Placera två punkter, (a) respektive (b), på en rak linje med önskat avstånd. Slå en cirkelbåge med radie samma som sträckan (ab). Utgå först från (a), sedan med mittpunkt i (b). Cirkelbågarna korsar varandra över sträckan (ab) och under sträckan (ab).



Figur 3. Förbind cirkelbågarna skärningspunkter med en linje. Denna linje är normal till (ab). Linjen delar sträckan (ab) i mitten i rät vinkel, dvs. 90 grader.



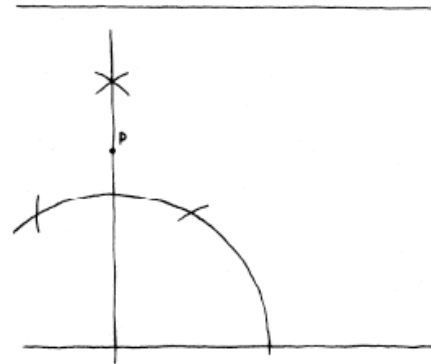
Figur 4. Förbind Skärningspunkten till normalen (c) med (a) respektive (b). En liksidig triangel bildas. I konstruktionen återfinns vinklarna 60, 30 respektive 90 grader.



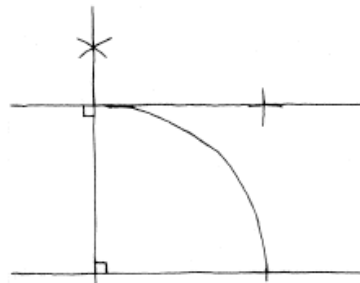
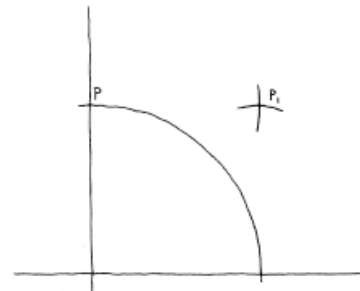
Normal till en punkt

Om man önskar en normal, dvs. en rät vinkel från en given punkt på en linje, kan man använda sig av att en halvcirkelbåge delas i tre lika stora delar med dess egna radie. På så sätt behöver man inte konstruera skärningspunkter nedåt.

Figur 1 och 2. Slå en cirkelbåge med valfri radie från given punkt (a). Cirkelbågen skär linjen i (b). (Bågen behöver inte dras ut längre än två tredjedelar av halvcirkeln). Sätt av radien (ab) på cirkelbågen, först med mittpunkt (b) för att skapa (c), sedan med mittpunkt (c) för att skapa (d).



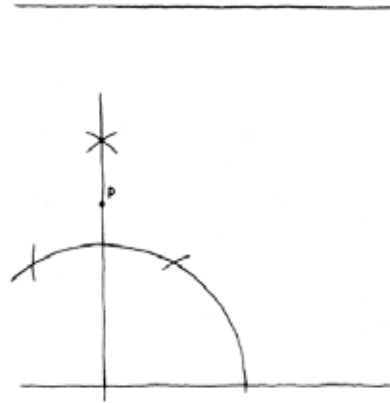
Figur 3 och 4. Använd samma radie för att sätta av normalens skärningspunkt. Utgå först från (d) sedan mot (c). Skärningspunkten E binds samman med given punkt A med normalen. Normalen är i rät vinkel till linjen (ab).



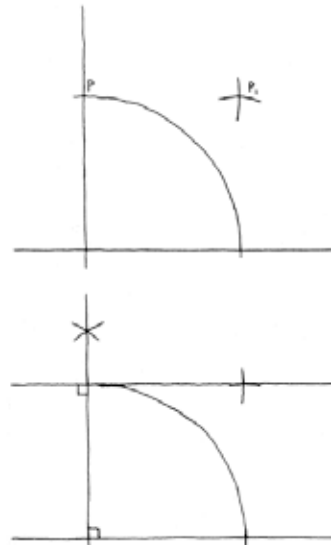
Parallellförflyttning

Parallella linjer korsar aldrig varandra hur långt de ändras ut. En linje kan parallellförflyttas med hjälp av passare och linjal.

Figur 1 och 2. Skapa en normal till en punkt på linjen som ska parallellförflyttas. Sätt av önskat avstånd mellan linjerna på normalen – här angiven som punkten P.



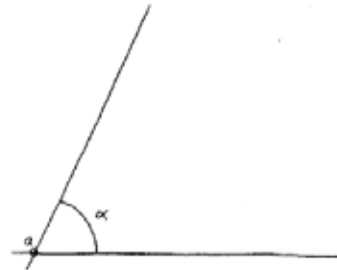
Figur 3 och 4. Använd sträckan mellan de önskade linjerna för att sätta av punkten P1, med utgångspunkt från P och punkten där cirkelbågen korsar linjen. Genom att binda samman P och P1 skapas en parallell linje.



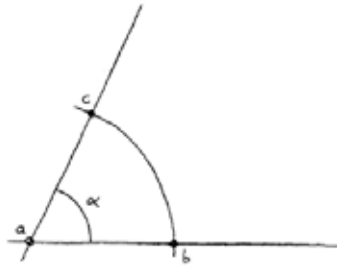
Att dela en vinkel

På motsvarande sätt som en mittnormal tas ut kan en vinkel delas i två lika stora vinklar. Med detta sätt kan varje given vinkel delas i oändligt antal hälfter. Den linje som delar en vinkel i två lika stora delar kalla bisektris. En bisektris kan skapas dels genom av-sättning med passare, dels genom parallellförflyttning av vinkelbenen.

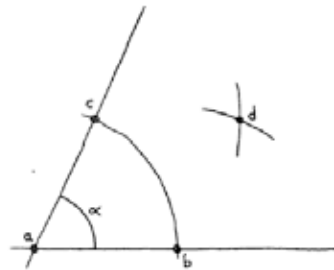
Figur 1. En given vinkel (v) med vinkelspets (a).



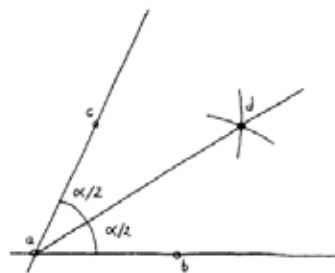
Figur 2. Sätt ut en cirkelbåge mellan vinkelbenen, med mittpunkt i vinkelspetsen (a).



Figur 3. Slå ut "normalen" med samma cirkelradie genom att placera centrum i (b) respektive (c). Cirkelbågarna korsar varandra i (d).



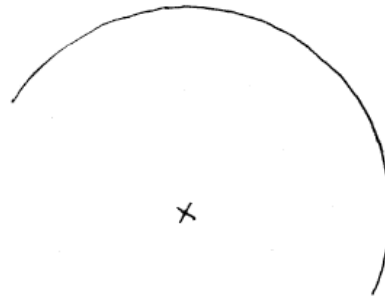
Figur 4. Bind samman (d) med vinkelspetsen (a). Vinkeln V är nu delad i två lika stora delar.



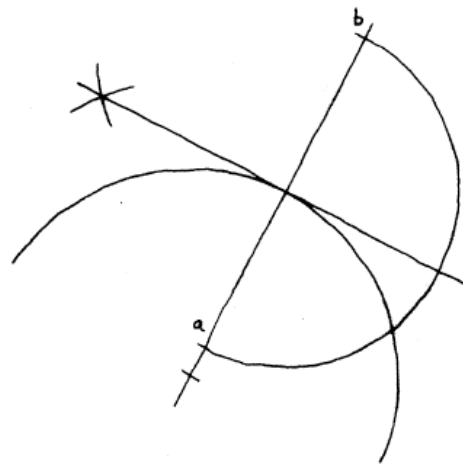
Tangenten

Parallellförflyttar vi en korda på en cirkelbåge tills den till slut endast skär cirkelbågen i en punkt kallas linjen för tangent.

Figur 1. Tangenten till en cirkelbåge med känd mittpunkt.



Figur 2. Dra ut och förläng linjen av radien från mittpunkten. Linjen skär i den punkt som önskas tangeras. Dra en ny cirkelbåge med skärningspunkt mellan radien och bågen. Ta ut mittnormalen. Normalen är tillika tangent till skärningspunkten på cirkelbågen.



10. GEOMETRI FÖR BÅGFORMER

Här behandlas uppritningen av några olika bågformer som förekommer i murade valvbågar. För att en bågform ska vara användbar för valvmurning, krävs att siktlinjer går att identifiera, dvs att bågformen är uppbyggd med cirkelgeometri med kända mittpunkter, eller, som i fallet med ellipsen och parabeln, att siktlinjerna går att finna med hjälp av brännpunkter respektive tangenter. Det är också en fördel om bågformen går att anpassa i höjd, bredd och ev. lutning, för att kunna följa måttsättningen av ett murverk. Bågformerna i det här kapitlet är utvalda för att uppfylla dessa kriterier.

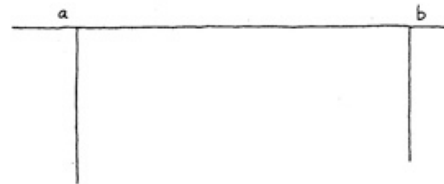
Introduktion till geometriska konstruktioner som används vid utslagning av bågformer återfinns i tidigare rapport Introduktion till geometrin – planimetri (Almevik 2000). Beskrivningarna nr 1-10, 12 är hämtade ur Valvslagning: geometri för murare (Almevik 2000). Bågformerna nr 11, 13-15 är konstruerade med stöd från beskrivningar av Hanby (1957), Karlson (1988) och Nash (1989). Beskrivningarna nr 16 och 17 är framtagna av Anders Göransson och visar ytterligare två stigande bågformer.

De bågformer som behandlas är:

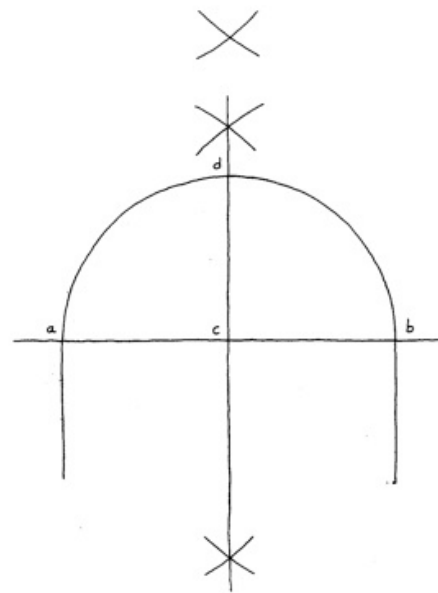
1. Rundbåge (halvcirkelbåge)
2. Segmentbåge (stickbåge)
3. Liksidig spetsbåge
4. Lansettbåge
5. Förtryckt spetsbåge
6. Karnisbåge
7. Korgbåge med tre mittpunkter
8. Korgbåge med fem mittpunkter
9. Ellipsbåge
10. Parabelbåge
11. Tudorbåge
12. Falsk tudorbåge
13. Tudorbåge med fyra mittpunkter
14. Stigande rundbåge med två mittpunkter
15. Stigande ellipsbåge
16. Stigande segmentbåge med två mittpunkter
17. Stigande korgbåge med fyra mittpunkter

Rundbåge (halvcirkelbåge)

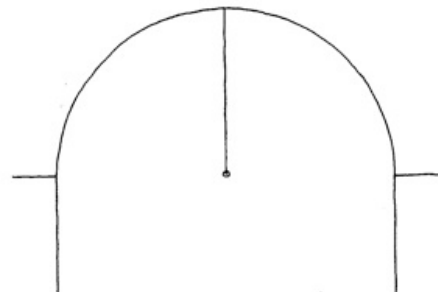
Figur 1. Ta ut mittnormalen till sträckan (a-b) mellan vederlagen.



Figur 2. Normalen delar sträckan (a-b) i mitten i rät vinkel. (a-c) eller (b-c) utgör därmed radie för rundbågen. Pilhöjden (c-d) är lika med radien och punkt (c) utgör rundbågens mittpunkt. Pilhöjden är således inte valfri om sträckan (a-b) mellan vederlagen

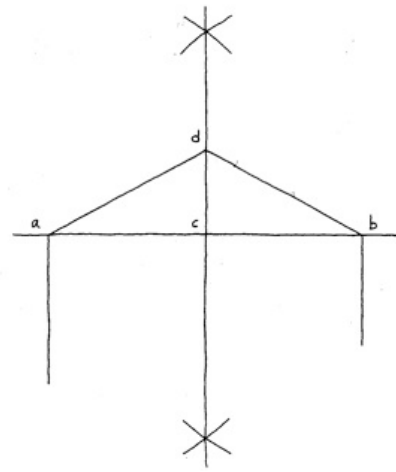


Figur 3. Rundbågens form och mittpunkt.

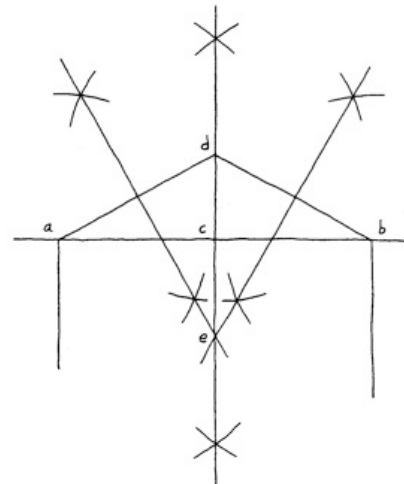


Segmentbåge (stickbåge)

Figur 1. Ta ut mittnormalen till sträckan (a-b). Normalen bildar punkten (c) på mitten av sträckan (a-b). Sätt ut pilhöjden (d) på normalen. Förbind pilhöjden (d) med anfangspunkterna (a) respektive (b).

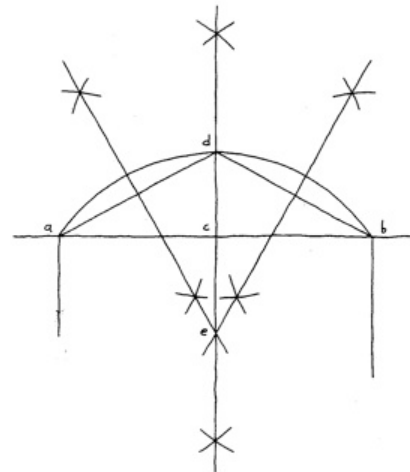


Figur 2. Ta ut mittnormalen på linjerna (d-a) respektive (d-b). Normalerna för linjerna (d-a) och (d-b) skär varandra i punkt (e) på normalen till sträckan (a-b).

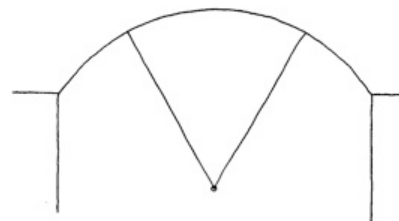


Figur 3. Segmentbågen med sträckningen

(a-d-b) har radien (e-d). Punkt (e) utgör segmentbågens mittpunkt.

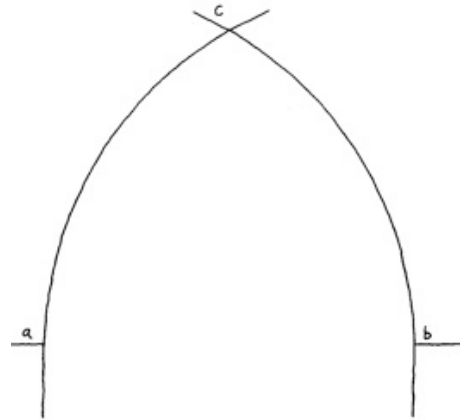


Figur 4. Segmentbågens form och mittpunkt.

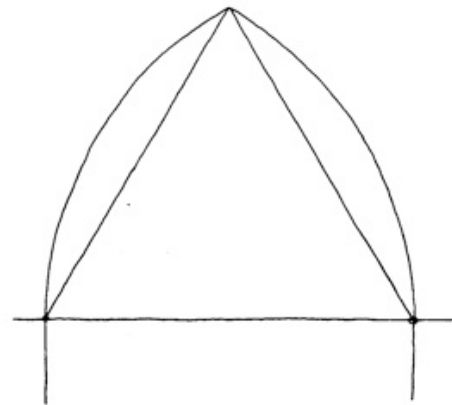


Liksidig spetsbåge

Figur 1. Den liksidiga spetsbågen formas med utgångspunkt från sträckan (a-b) som radie i spetsbågens respektive sidor. Skärningspunkten bildar pilhöjden (c).



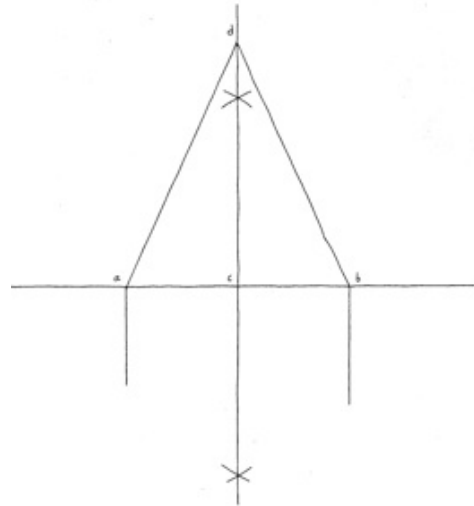
Figur 2. I den liksidiga spetsbågen kan en liksidig triangel skrivas in. Pilhöjden är således inte valfri om sträckan (a-b) mellan vederlagen är given.



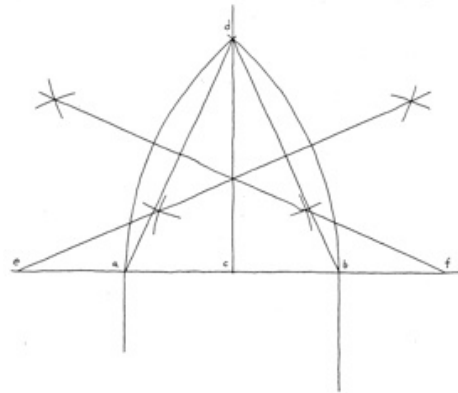
Lansettbåge

Lansettbågen är en överhöjd spetsbåge.
Mittpunkterna återfinns utanför anfangspunkterna, längs anfangslinjen.

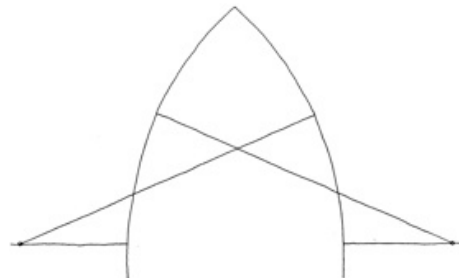
Figur 1. Ta ut mittnormalen till sträckan (a-b). Normalen bildar punkten (c) på mitten av sträckan (a-b). Sätt ut pilhöjden (d) på normalen. Förbind pilhöjden (d) med anfangspunkterna (a) respektive (b).



Figur 2. Ta ut mittnormalen på linjerna (d-a) respektive (d-b). Normalerna för linjerna (d-a) och (d-b) skär den förlängda sträckan (a-b) i punkterna (e) och (f). (e) och (f) utgör mittpunkter för segmentbågar mellan (b-d) respektive (a-d).



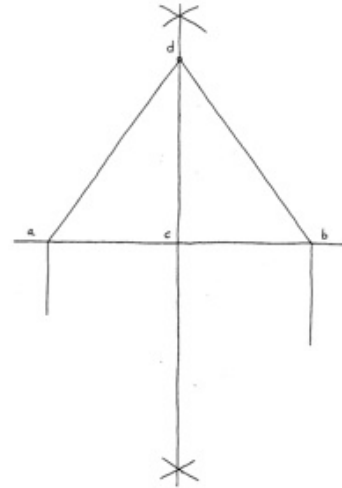
Figur 3. Lansettbågens form och mittpunkter.



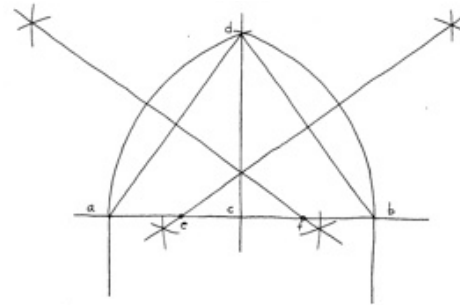
Förtryckt spetsbåge

Mittpunkterna återfinns innanför anfangspunkterna, längs anfangslinjen

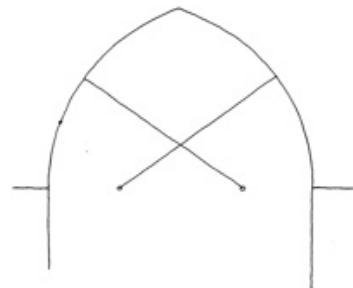
Figur 1. Ta ut mittnormalen till sträckan (a-b). Normalen bildar punkten (c) på mitten av sträckan (a-b). Sätt ut pilhöjden (d) på normalen. Förbind pilhöjden (d) med anfangspunkterna (a) respektive (b).



Figur 2. Ta ut mittnormalen på linjerna (d-a) respektive (d-b). Normalerna för linjerna (d-a) och (d-b) skär sträckan (a-b) i punkterna (e) och (f). Punkterna (e) och (f) utgör mittpunkter för segmentbågar mellan (b-d) respektive (a-d).

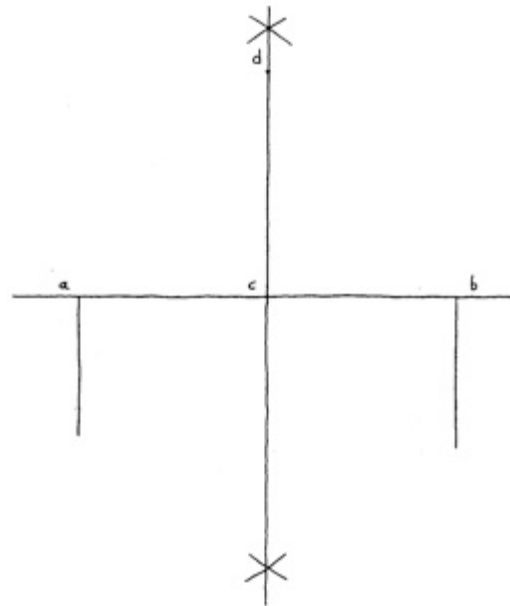


Figur 3. Den förtryckta spetsbågens form och mittpunkter.

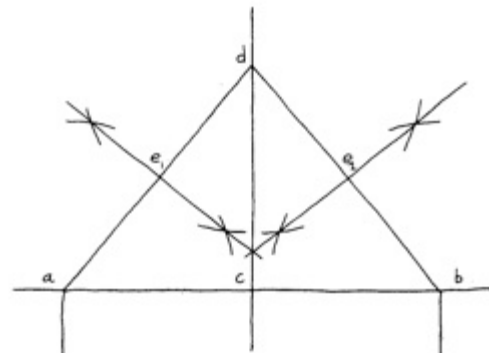


Karnisbåge

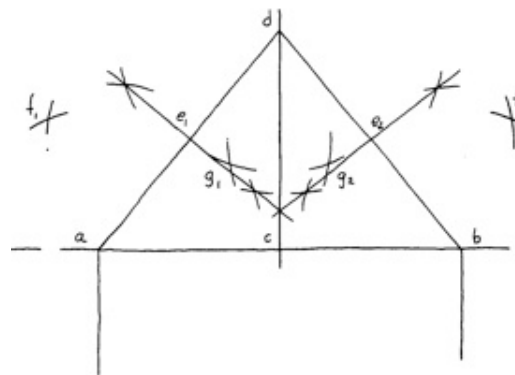
Figur 1. Ta ut mittnormalen till sträckan (a-b) Normalen bildar punkten (c) på mitten av sträckan (a-b). Sätt ut pilhöjden (d) på normalen.



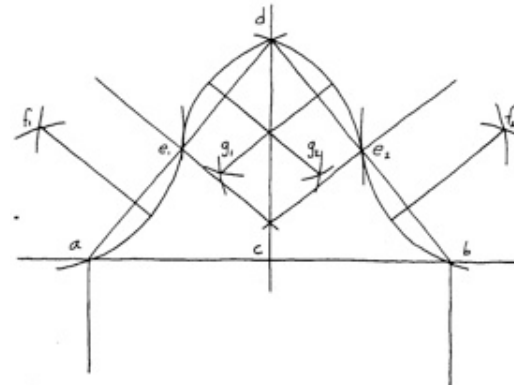
Figur 2. Förbind Pilhöjden (d) med vederlagspunkterna (a) respektive (b). Ta ut mittnormalen på linjerna (d-a) respektive (d-b). Skärningspunkterna till normalerna för linjerna (d-a) och (d-b) utgörs av (e1) och (e2).



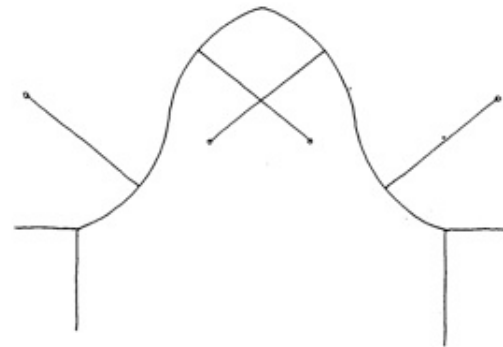
Figur 3. Använd radien (a-e1) respektive (b-e1) för att sätta ut normalpunkten (f1) respektive (f2). Använd samma radie för att sätta ut normalpunkten till (e1-d) respektive (e2-d). För en rak karnis, som denna, söks mittpunkten för den första bågdelen utanför det blivande valvet. Mittpunkten för den sista bågdelen söks i valvet.



Figur 4. Använd samma radie (a-e1) för att ta ut karnisens bågformer med mittpunkterna (f1, g1, g2 och f2). Den raka karnisen får alltid formen av en klocka. Den omvända karnisen får formen av en bas (till en kollon).



Figur 5. Den raka karnisens form och mittpunkter.



Korgbåge

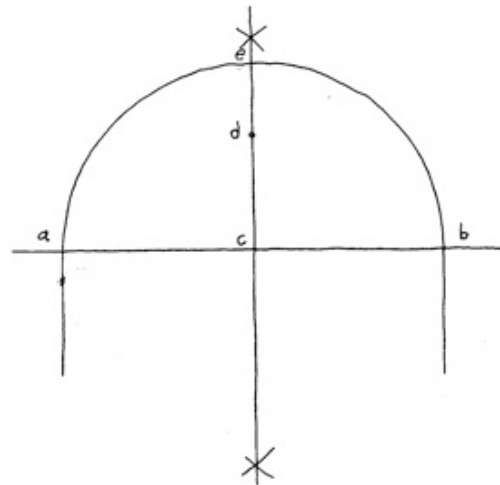
Korgbågen är en liknelse till ellipsen. Ju fler mittpunkter bågen är konstruerad med desto jämnare stigning från vederlagen till pilhöjden får den. Det underlättar också murningen om det finns ett begränsat antal mittpunkter att förhålla sig till.

Det finns flera sätt att ta ut en korgbåge på. Två olika sätt presenteras här, ett sätt som ger tre mittpunkter och ett som ger fem mittpunkter.

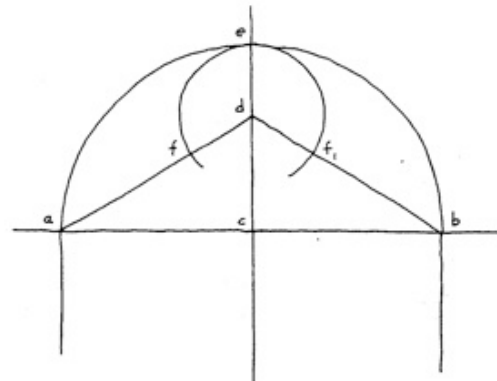
Följande förutsättningar gäller för båda tillvägagångssätten; Avståndet mellan vederlagen (a) och (b) är givna, liksom pilhöjden från (c) till (d). Pilhöjden sätts i relation till en lämplig valvhöjd och preciseras av inpassningen i murens skiftgång.

Oval båge eller Korgbåge med tre mittpunkter

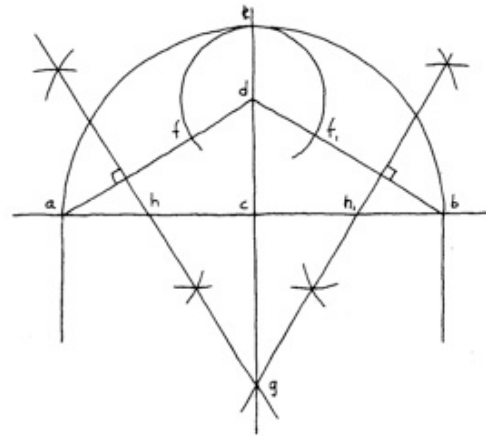
Figur 1. Ta ut mittnormalen till sträckan (a-b). Normalen bildar punkten (c) på mitten av sträckan (a-b). Sätt ut pilhöjden (d) på normalen. Slå en cirkelbåge med radien (a-c) lika med (c-b). Bågen skär normalen i punkten (e).



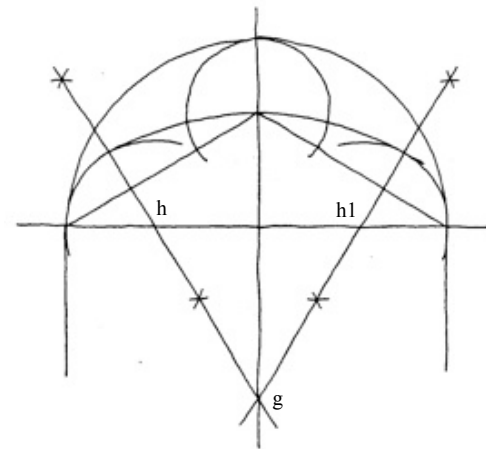
Figur 2. Förbind pilhöjden (d) med (a) respektive (b). Slå en cirkelbåge med passaren i punkt (d) med radie (d-e). Skärningspunkterna (f) och (f1) bildas på vinkelbenen (d-a) respektive (d-b).



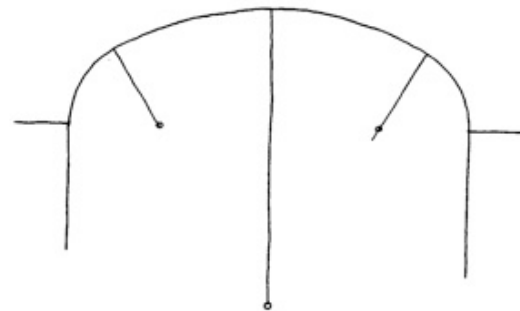
Figur 3. Sätt ut mittnormalerna till sträckorna (a-f) respektive (f1-b). Normalerna skär varandra i (g), i förlängningen till normalen till (a-b). Skärningspunkterna (h) och (h1) bildas på sträckan (a-b), och skärningspunkt (g) bildas på den lodräta mittlinjen.



Figur 4. Skärningspunkterna (h), (h1) och (g) utgör mittpunkter för tre cirkelsegment i valvets tredelade bågform.

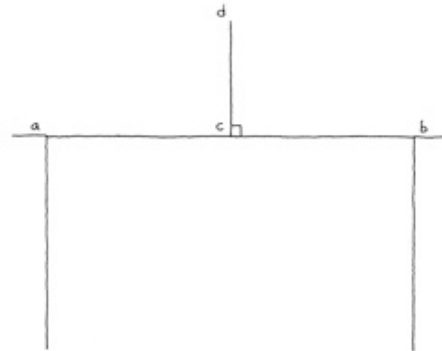


Figur 5. Korgbågens form och tre mittpunkter.

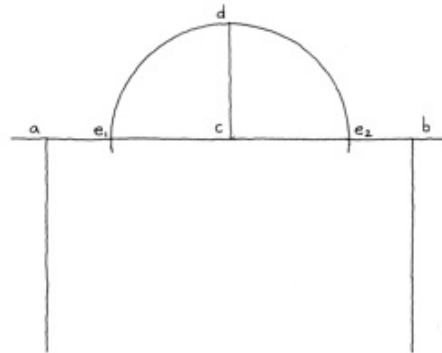


Korgbåge med fem mittpunkter

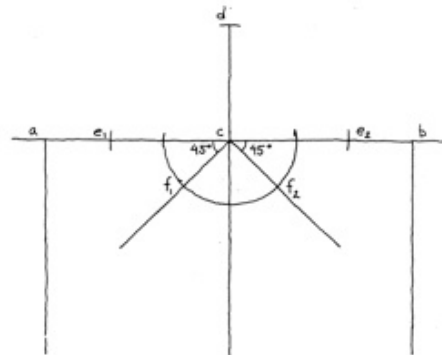
Figur 1. Mittnormalen tas ut på sträckan (a) och (b). Punkt (c) utgör mitten på sträckan. Pilhöjden (d) sätts av på mittnormalen.



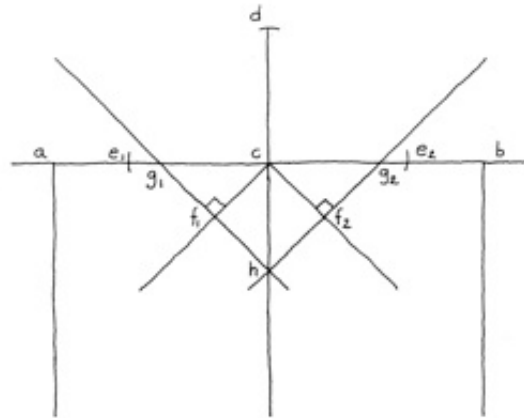
Figur 2. Sätt passaren vid punkten (c) med spetsen vid pilhöjden (d). Sätt av punkterna (e1) och (e2) på sträckan (a-b).



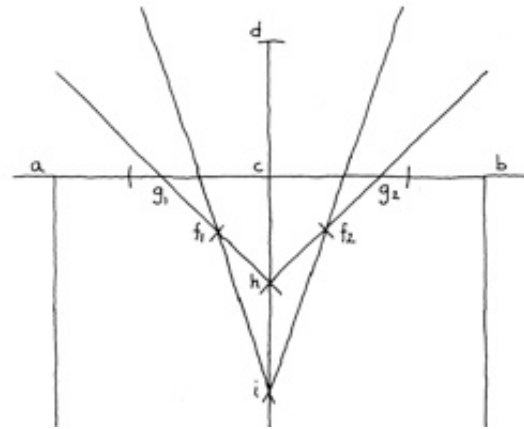
Figur 3. Läs av sträckan (a-e1) (densamma som sträckan (b-e2)). Slå en cirkelbåge med passaren i punkt (c) med radie given av sträckan (a- e1). Halvera de räta vinklarna mellan (a-b) och mittnormalen. Skärningspunkten mellan cirkeln och vinkelbenen bildar punkterna (f1) och (f2).



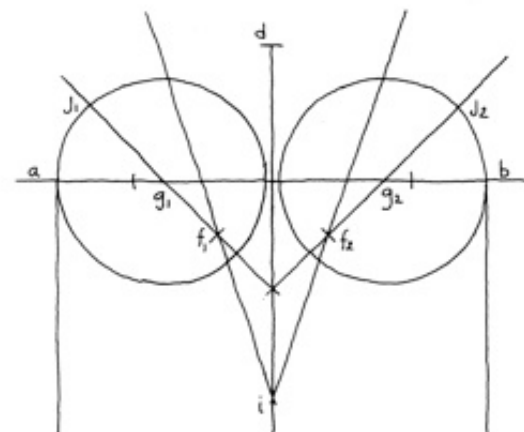
Figur 4. Skapa en normal till punkt (f_1) och (f_2). Normalerna skär linjen (a-b) i punkterna (g_1) och (g_2) och sammanstrålar i mittnormalen till (a-b) i punkten (h). Förläng linjerna uppåt.



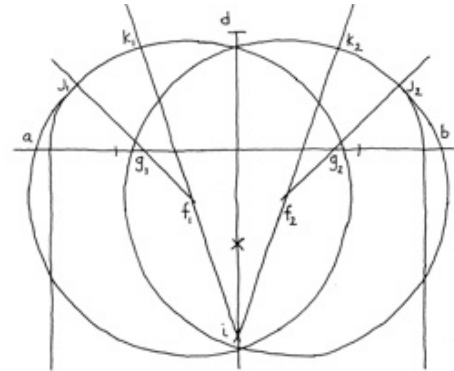
Figur 5. Läs av sträckan (h-c) med passare. Sätt av punkten (i) på mittnormalen till (a-b) genom att slå en cirkelbåge med passaren i punkten (h) och radien samma som avläst sträcka (h-c). Förbind (i) med (f_1) respektive (f_2). Förläng linjerna uppåt.



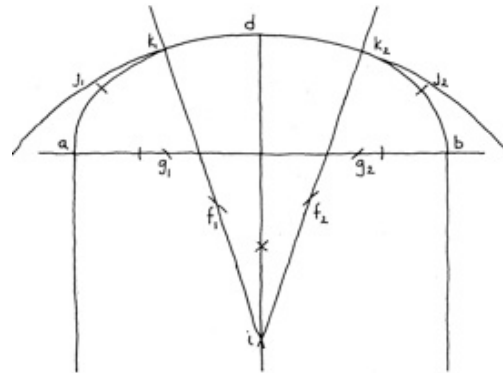
Figur 6. Punkterna (g_1) och (g_2) utgör mittpunkter för bågformen närmast vederlagen. Läs av sträckan (g_1 -a). Slå en cirkelbåge mellan (a) och (j_1) med passaren i punkten (g_1) och radien samma som avläst sträcka (g_1 -a). Punkten (j_1) skapas i skärningen mellan cirkelbågen och normalen till punkten (f_1). Cirkelsegmentet (a- j_1) utgör del i den blivande korgbågen. Upprepa samma tillvägagångssätt på andra sidan för att skapa (j_2) och cirkelsegmentet (b- j_2).



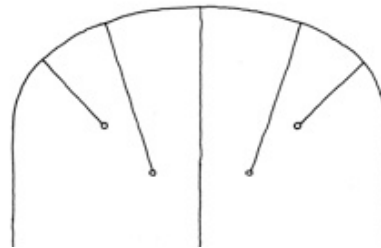
Figur 7. Punkterna (f_1) och (f_2) utgör mittpunkter för korgbågens nästa cirkelsegment. Läs av sträckan $(f_1 - j_1)$. Slå en cirkelbåge mellan (j_1) och (k_1) med passaren i punkten (f_1) och radien samma som avläst sträcka $(f_1 - j_1)$. Punkten (k_1) skapas i skärningen mellan cirkelbågen och den förlängda linjen som sammanbinder (i) och (f_1) . Cirkelsegmentet $(j_1 - k_1)$ utgör nästa del i den blivande korgbågen. Upprepa samma tillvägagångssätt på andra sidan för att skapa (k_2) och cirkelsegmentet $(j_2 - k_2)$.



Figur 8. Punkten (i) utgör mittpunkt för korgbågens nästa cirkelsegment. Läs av sträckan mellan (i) och pilhöjden (d) . Slå en cirkelbåge mellan punkterna (k_1) och (k_2) med passaren i punkten (i) och radien samma som avläst sträcka $(i - d)$. Cirkelsegmentet $(k_1 - k_2)$ utgör sista delen av korgbågen. Skärningspunkterna (g_1) , (f_1) , (i) , (f_2) och (g_2) utgör mittpunkterna för korgbågens fem cirkelsegment.



Figur 9. Korgbågens form och fem mittpunkter. Jämför korgbågens form med ellipsbågens.

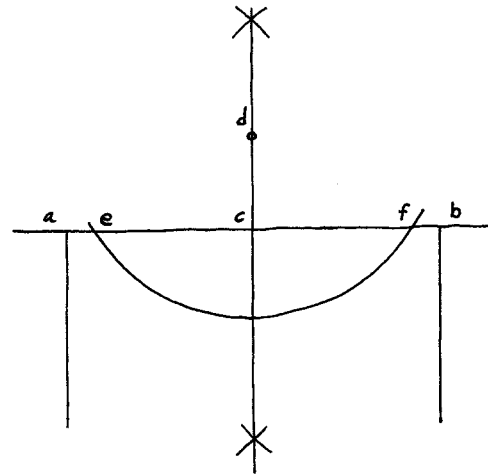


Ellipsbåge

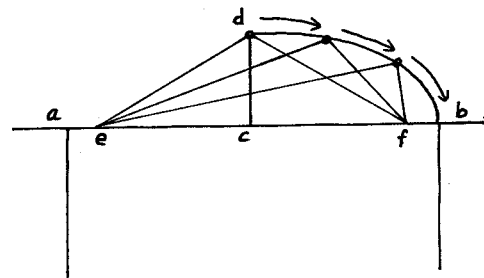
Ellipsbågen utgörs av en halv ellips, antingen stående eller, som här, liggande. Det finns flera sätt att ta ut ellipsen på.

Ett praktiskt sätt, med hjälp av ett snöre och spik, presenteras här.

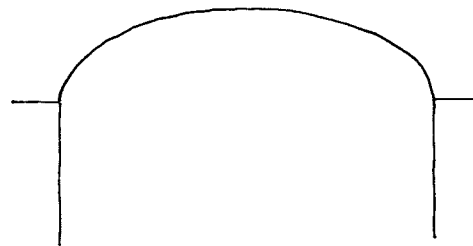
Figur 1. Ta ut normalen till (a-b) och skapa en mittpunkt (c) på sträckan (a-b). Sätt ut önskad pilhöjd (d). Läs av sträckan (a-c) med passare (= halva bågens bredd). Sätt passaren i punkten (d) och sätt av punkterna (e) och (f) på sträckan (a-b), på var sin sida om mitten. Dessa två punkter utgör ellipsens brännpunkter. Sträckan (a-b) utgör den horisontella mittlinjen på ellipsen och kallas också för ellipsens storaxel. Slå en spik i (e) och en i (f).



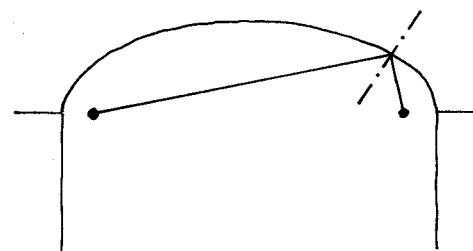
Figur 2. Dra ett snöre runt brännpunkterna (e) och (f) och fäst ihop vid punkt (d) i hjässan. Placera en penna vid (d). Dra sedan snöret spänt runt spikarna och markera ellipsbågen (d) till (b) respektive (d) till (a).



Figur 3. Ellipsbågens form.



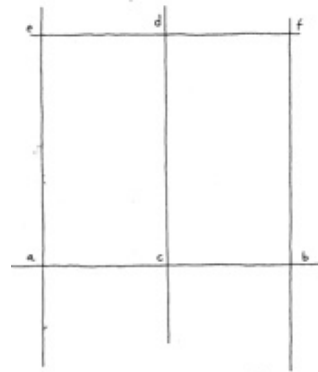
Figur 4. Ellipsbågens form och brännpunkter. Brännpunkterna är nödvändiga när man ska ta ut siktlinjer till valvskiften i ellipsbågen. Siktlinjerna i ellipsbågen får man genom att halvera vinkeln mellan linjerna dragna från brännpunkterna (se kapitel 8).



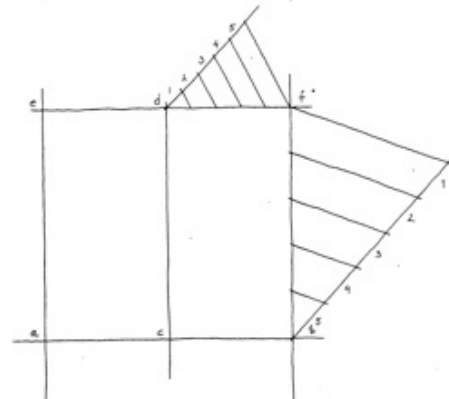
Parabelbåge

Även parabelbågen kan konstrueras på olika sätt. Ett enkelt sätt är följande.

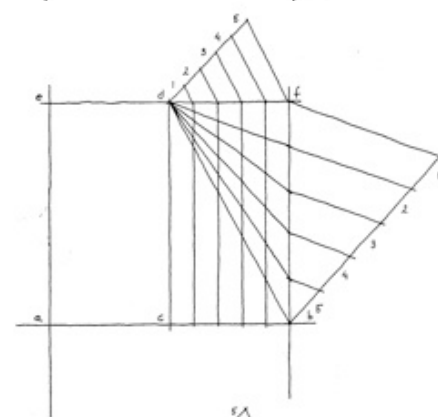
Figur 1. Ta ut mittnormalen till (a-b). Skapa skärningspunkten (c) och sätt ut önskad pillhöjd i (d). Forma en rektangel genom att sätta av radien (a-c) med mittpunkt (d). Använd radien (c-d) med mittpunkt (a) respektive (b) för att erhålla hörnen på rektangeln, punkterna (e) och (f).



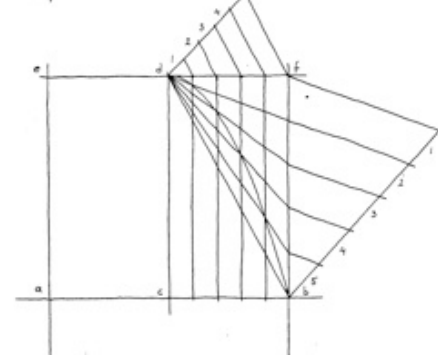
Figur 2. Skapa fem lika stora delar på linjen (b-f) respektive (d-f). Antalet delar kan ökas om man vill få ut fler skärningspunkter.



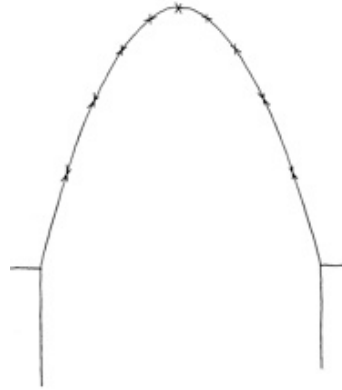
Figur 3. För samman skärningspunkterna på linjen (b-f) i punkt (d) i parabelbågens hjässa. För ner skärningspunkterna på linje (d-f) vertikalt till linje (c-b).



Figur 4. De radiella linjerna mot punkt (d) och de vertikala linjerna skär varandra i parabelbågens form. Bind samman skärningspunkterna. För över motsvarande, spegelvända, punkter på andra sidan med hjälp av passare.



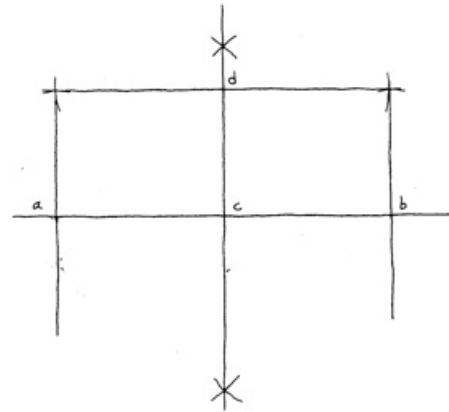
Figur 5. Parabelbågens form och skärningspunkter. För att ta fram siktlinjer i parabelbågen, se kapitel 8.



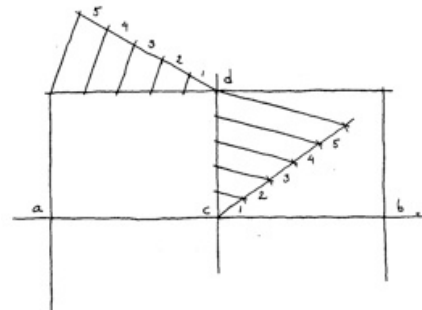
Tudorbåge

Tudorbågen utgörs av två halva parabelbågar som konstrueras enligt samma princip som den stående parabelbågen, med den skillnaden att de båda halvorna ligger ner, och istället möts, skavfötters, i en spets i mitten.

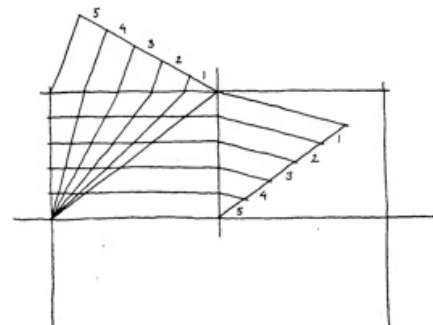
Figur 1. Ta ut mittnormalen till (a-b). Skapa skärningspunkten (c) och sätt ut önskad pilhöjd i (d). Forma en rektangel med höjden (c-d) och bredden (a-b).



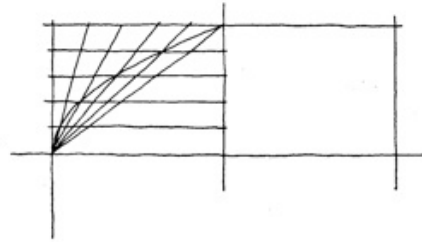
Figur 2. Skapa fem lika stora delar i rektangelns horisontella och vertikala sidor (jämför med parabelbågen). Antalet delar kan ökas om man vill få ut fler skärningspunkter.



Figur 3. Dra de radiella linjerna från skärningspunkterna på rektangelns översida ner till hörnet enligt bilden. Dra horisontella linjer från sidopunkterna enligt bilden.



Figur 4. De radiella linjerna och de horisontella linjerna skär varandra i parabelbågens form. Bind samman skärningspunkterna. För över motsvarande, spegelvända, punkter på andra sidan med hjälp av passare.

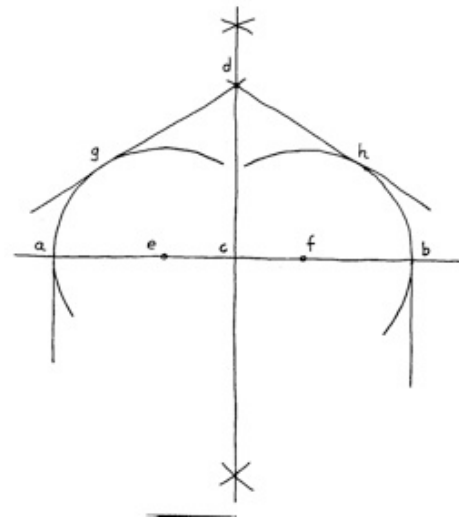


Figur 5. Tudorbågens form och skärningspunkter. För att ta fram siktlinjer, se kapitel 8.

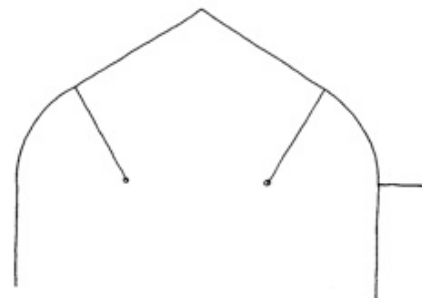


Falsk tudorbåge

Figur 1. Den falska tudorbågen, dvs som ej utgör parabelbåge, tas ut genom två cirklar med en godtycklig radie med mittpunkt i sträckan (a-b) och tangent i (a) respektive (b). Bind där- efter samman tangenten (g) och (h) i pilhöjden (c). En rad andra falska tudorbågar kan ses i äldre byggnadsläror med segmentbåge mellan (g-d) respektive (d-h).



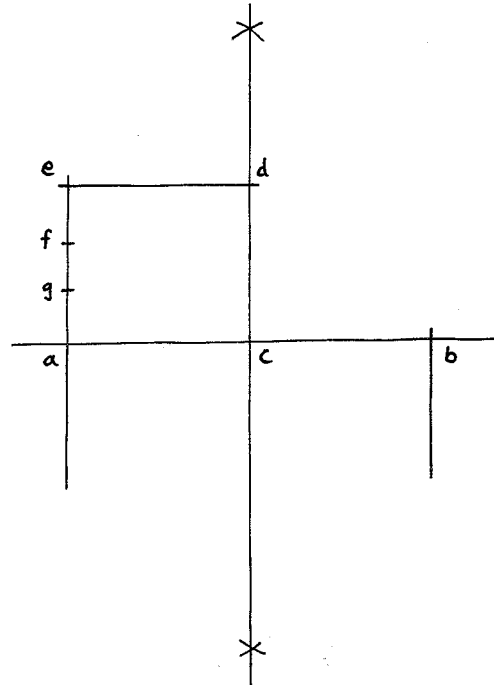
Figur 2. Den falska tudorbågens form och mittpunkter.



Tudorbåge med fyra mittpunkter

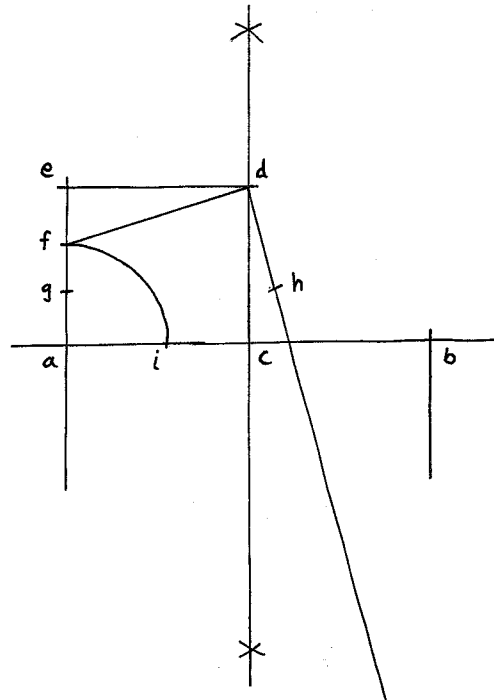
Tudorbågen kan också ritas som en sammansatt båge med flera cirkelsegment istället för parabelbågar. Precis som med korgbågen så underlättas murningen om det finns ett begränsat antal mittpunkter att förhålla sig till. Följande tudorbåge konstrueras med fyra mittpunkter.

Figur 1. Ta ut mittnormalen till (a-b). Skapa skärningspunkten (c) och sätt ut önskad pilhöjd i (d). Forma en rektangel på ena halvan med höjden (c-d) och bredden (a-c). Skärningspunkt (e) blir rektangelns övre ytterhörn. Dela linjen (a-e) i tre lika stora delar, och skapa skärningspunkterna (f) och (g). Använd samma metod för delning som visas för Parabelbågen (nr. 9) och Tudorbågen (nr. 10).

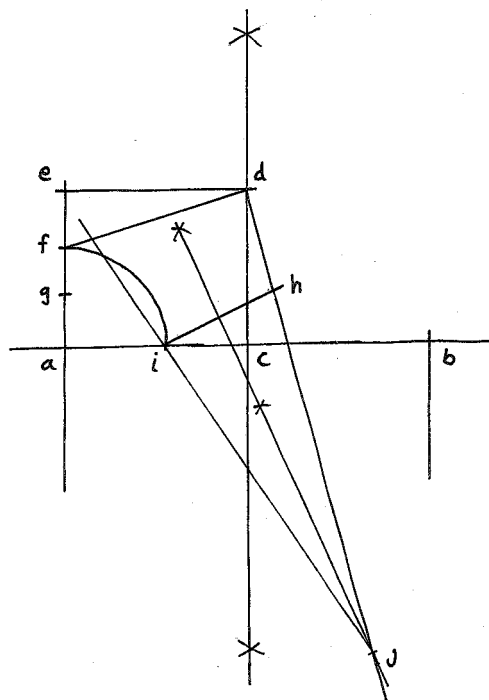


Figur 2. Dra linjen (f-d). Ta ut normalen till linjen (f-d) i punkten (d) och förläng den neråt, vinkelrätt mot linjen (f-d).

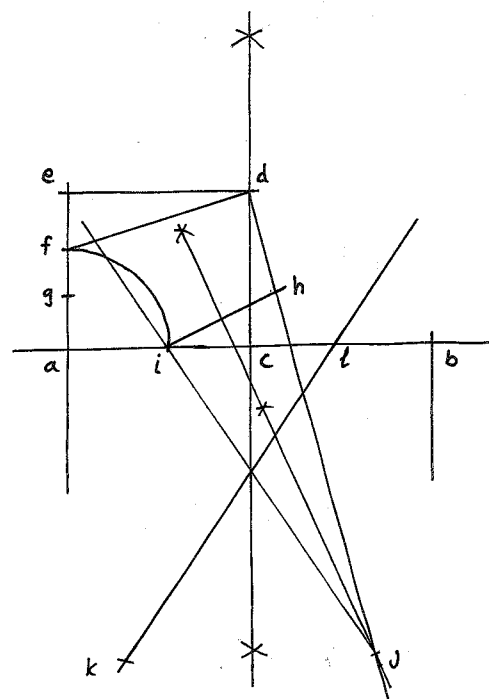
Markera punkt (h) på ett avstånd från (d) som motsvarar måttet (a-f), dvs. $2/3$ pilhöjd. Sätt passaren i punkt (a) och med radien (a-f), dra en cirkelbåge från (f) och skapa skärningspunkten (i) på anfangslinjen.



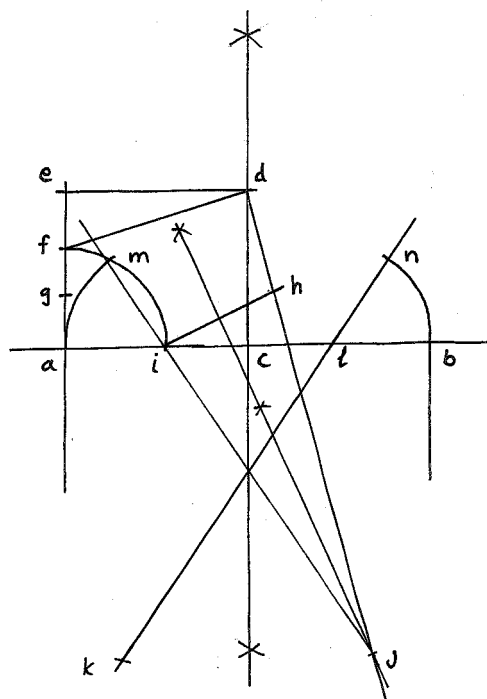
Figur 3. Dra linjen (i-h), ta ut mittnormalen och dra ut den neråt tills den skär den förlängda linjen (d-h) och skapar skärningspunkten (j). Dra linjen (j-i) och förläng uppåt. Punkterna (i) och (j) är två av tudorbågens mittpunkter och linjen (i-j) utgör gränsen mellan cirkelsegmenten.



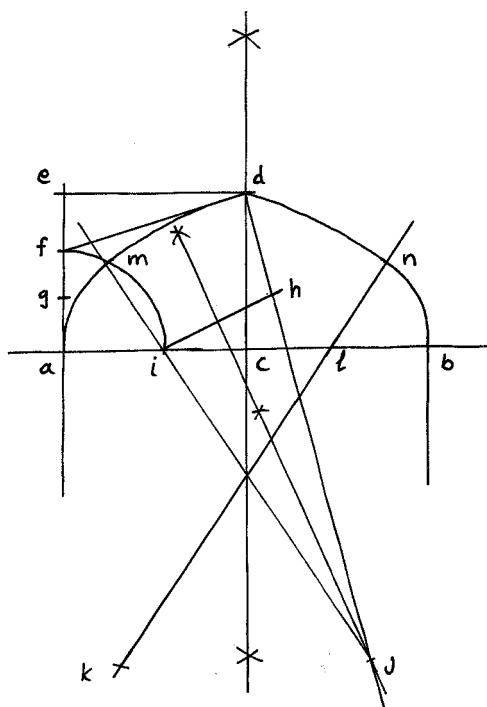
Figur 4. För över motsvarande, spegelvända, punkter på andra sidan med hjälp av passare och skapa brännpunkterna (k) och (l). Dra linjen (k-l) och förläng den uppåt. Linjen (k-l) utgör gränsen mellan cirkelsegmenten.

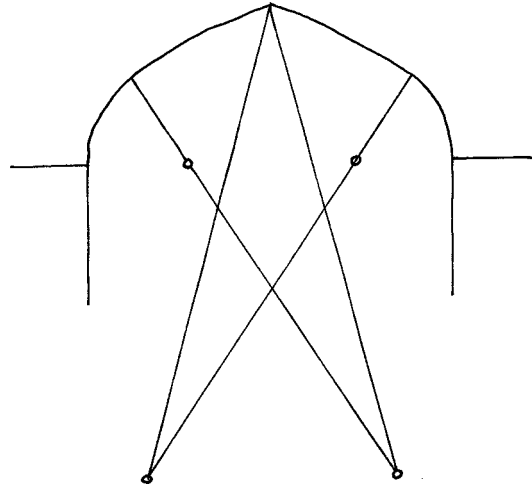


Figur 5. Skärningspunkterna (i), (j), (k) och (l) utgör mittpunkterna för tudorbågens fyra cirkelsegment. Sätt passaren i (i) och dra en cirkelbåge från (a) tills den skär förlängda linjen (j-i) och skapar skärningspunkt (m). Gör likadant på andra sidan med passaren i (l) och dra en cirkelbåge från (b) tills den skär förlängda linjen (k-l) och skapar skärningspunkt (n).



Figur 6. Sätt passaren i (j) och dra en cirkelbåge från (m) till (d). Gör likadant på andra sidan med passaren i (k) och dra en cirkelbåge från (n) till (d).





Figur 7. Tudorbågens form och fyra mittpunkter.

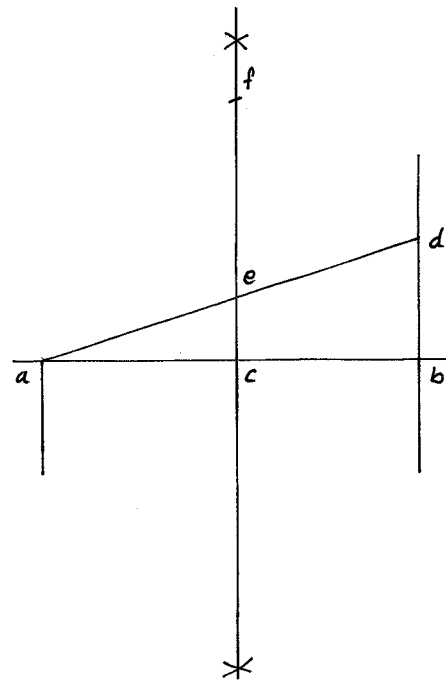
Stigande rundbåge med två mittpunkter

En stigande båge är en båge som har anfangspunkterna på olika höjd, med en lutande anfangslinje.

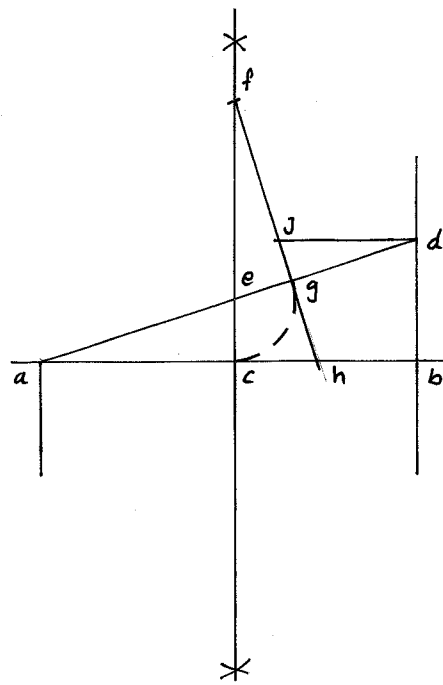
Denna båge får en pilhöjd som är lika med halva spännvidden, oavsett lutningen på anfangslinjen. Det motsvarar proportionerna i en rundbåge (halvcirkelbåge). Pilhöjden är således inte valfri utan är relaterad till öppningsmåtten mellan vederlagen. Öppningsmåtten och lutningen på anfangslinjen kan man bestämma själv.

Figur 1. Ta ut mittnormalen till öppningsmåtten (a-b), och dra ut den uppåt. Punkt (c) utgör baslinjens mittpunkt. Ta också ut normalen i punkt (b), sätt ut önskad anfangspunkt (d) och rita ut den lutande anfangslinjen (a-d). Skärningspunkten (e) skapas där anfangslinjen skär mittlinjen.

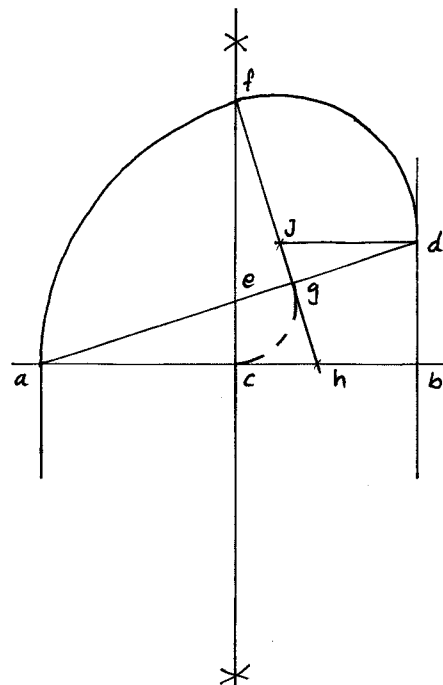
Sätt ut punkt (f) på mittlinjen med samma avstånd från (e) som sträckan (a-e).



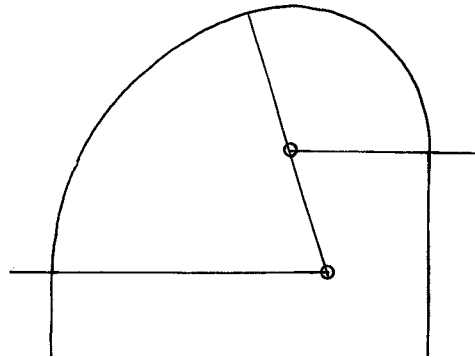
Figur 2. Sätt passaren i (e) och skapa med en cirkelbåge skärningspunkten (g) på sträckan (e-d). Dra en linje från (f), genom (g) och skapa skärningspunkten (h) på baslinjen. Dra en horisontell linje från (d) till linjen (f-g-h) och skapa punkt (j).



Figur 3. Med (h) som mittpunkt, dra cirkelbågen (a-f). Med (j) som mittpunkt dra cirkelbågen (f-d).



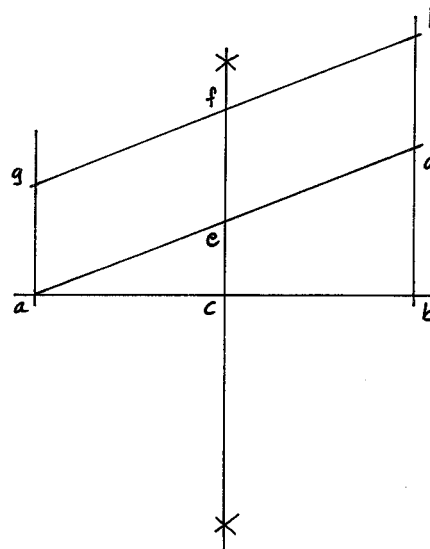
Figur 4. Den stigande rundbågens form och mittpunkter.



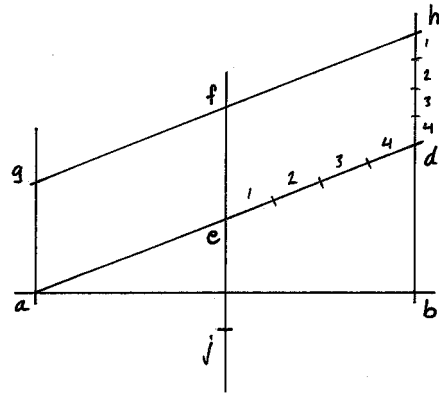
Stigande ellipsbåge med brännpunkter

Den stigande ellipsbågen utgörs av en lutande halv ellips. Eftersom ellipsen i det här fallet inte är delad på mitten längs sin egen mittlinje (storaxeln), utan den lutande anfangslinjen delar ellipsen snett genom mittpunkten, så måste man konstruera den stigande ellipsbågen i några steg. Först konstrueras bågens form med hjälp av en konstruktionsmetod som ger skärningspunkter, sen kan man hitta ellipsens storaxel och brännpunkter. Med dessa kan man renrita formen med spik och snöre, och även ta ut siktlinjer för valvskiften i bågen. Öppningsmåtten, pilhöjden och lutningen på anfangslinjen kan man bestämma själv.

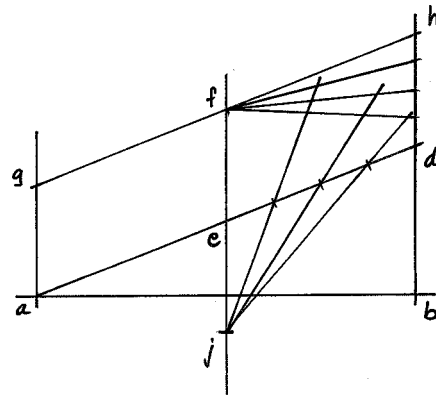
Figur 1. Ta ut mittnormalen till öppningsmåtten (a-b) på baslinjen, och dra ut den mittlinjen uppåt. Punkt (c) utgör mittpunkt på baslinjen. Ta också ut normalen i punkt (b) så du får en sidolinje parallell med mittlinjen, sätt ut önskad anfangspunkt (d) och rita ut den lutande anfangslinjen (a-d). Skärningspunkten (e) skapas där anfangslinjen skär mittlinjen. Sätt ut önskad pilhöjd på mittlinjen i (f). Dra upp sidolinjerna parallellt med mittlinjen och sätt ut samma mått från punkt (a) till (g) och från punkt (d) till (h). Dra linjen (g-f-h).



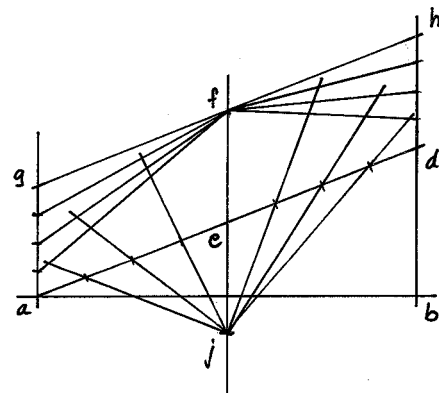
Figur 2. Markera punkt (j) neråt på mittlinjen, på ett avstånd från (e) som motsvarar måttet (e-f). Dela in sträckan (e-d) i fyra lika stora delar. Dela också in sträckan (d-h) i fyra lika stora delar.



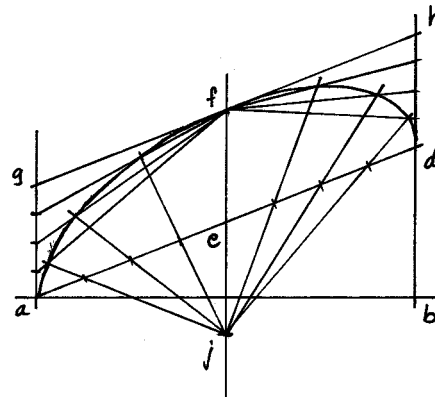
Figur 3. Dra de radiella linjerna från (f) fram till markeringarna på sträckan (d-h). Dra sedan de radiella linjerna från (j) genom markeringarna på sträckan (e-d), tills de skär respektive mötande linje.



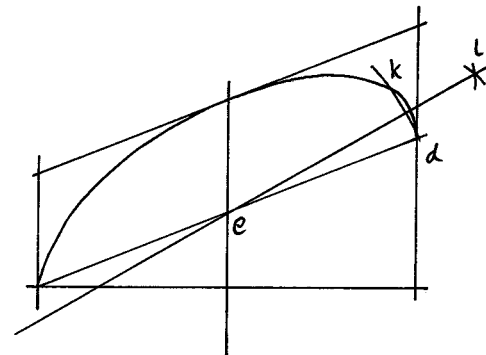
Figur 4. Gör likadant på andra sidan, med sträckorna (a-g) och (e-a).



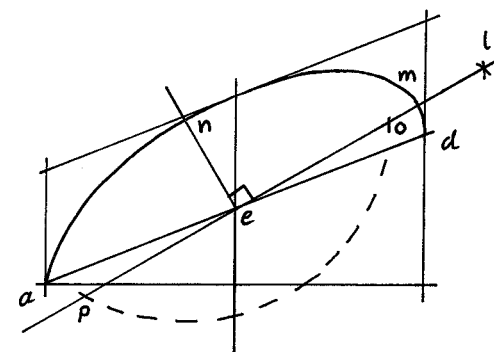
Figur 5. Skärningspunkterna bildar, tillsammans med vändpunkterna (a), (f) och (d), ellipsbågens form. Bind samman punkterna så följsamt det går. Antalet delar på sträckorna (e-d) och (d-h), respektive (a-g) och (e-a), kan ökas om man vill få ut fler skärningspunkter för bättre precision, så länge man har samma antal delar på alla sträckorna.



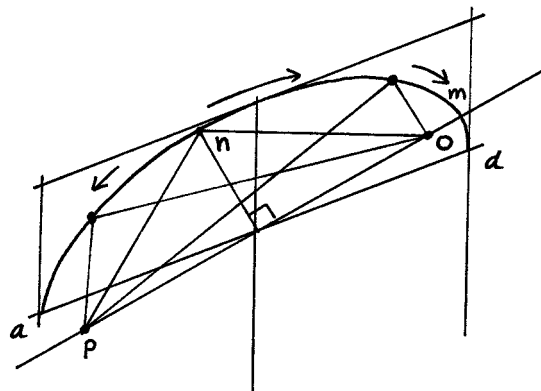
Figur 6. För att hitta ellipsens storaxel, sätter man passaren i mittpunkten (e) och ritar en cirkelbåge från (d) och uppåt tills den skär ellipsens konturlinje, och skapar skärningspunkten (k). Med valfritt mått på passaren, slå cirkelbågar från punkterna (k) respektive (d) som möts i skärningspunkten (l) utanför ellipsen. Dra linjen (l-e) och förläng den förbi mitten till ellipsens andra sida. Denna linje genom ellipsen kallas ellipsens storaxel.



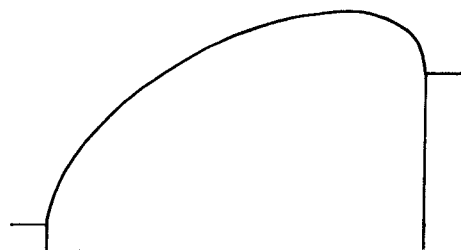
Figur 7. Där linjen (l-e) skär ellipsens konturlinje, skapas punkten (m). Ta ut normalen till linjen (l-e) i mittpunkten (e), och dra ut den uppåt, vinkelrätt mot storaxeln, tills den skär ellipsens konturlinje, och skapar skärningspunkten (n). Läs av sträckan (e-m) med passare. Sätt passaren i punkten (n) och sätt av punkterna (o) och (p) på storaxeln, på var sin sida om mitten. Dessa två punkter utgör ellipsens brännpunkter (eller fokuspunkter).



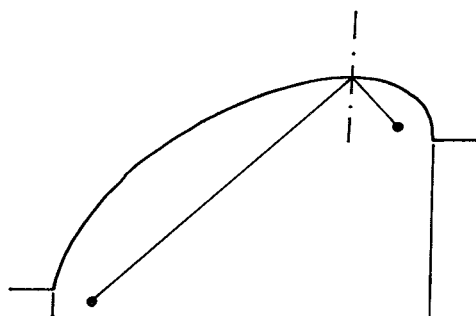
Figur 8. Renrita ellipsbågens form genom att slå spikar i brännpunkterna (o) och (p), och en spik i (n). Dra ett snöre runt spikarna och knyt ihop som en ögla. Ta bort spiken från punkt (n) och byt ut mot en penna. Dra sedan pennan med snöret spänt runt spikarna vid (o) och (p), och markera ellipsbågen från (n) ner till (a) respektive från (n) förbi (m), ner till (d).



Figur 9. Den stigande ellipsbågens form.



Figur 10. Den stigande ellipsbågens form och brännpunkter. Brännpunkterna är nödvändiga när man ska ta ut siktlinjer till valvskiften i ellipsbågen. Siktlinjerna i ellipsbågen får man genom att halvera vinkeln mellan linjerna dragna från brännpunkterna (se kapitel 8).



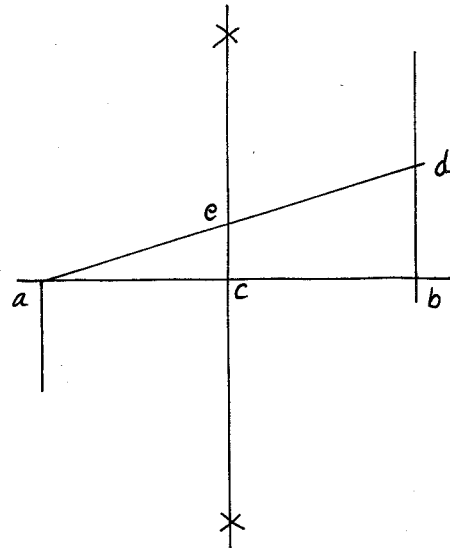
Två stigande bågformer

Stigande segmentbågar eller stigande korgbågar, där mittpunkterna till cirkelsegmenten är identifierade, och där man samtidigt kan bestämma fritt över öppningsmått, pilhöjd och lutning på anfangslinjen, kan vara väldigt användbara inom valvmurning. Här följer två beskrivningar, framtagna för det här kompendiet.

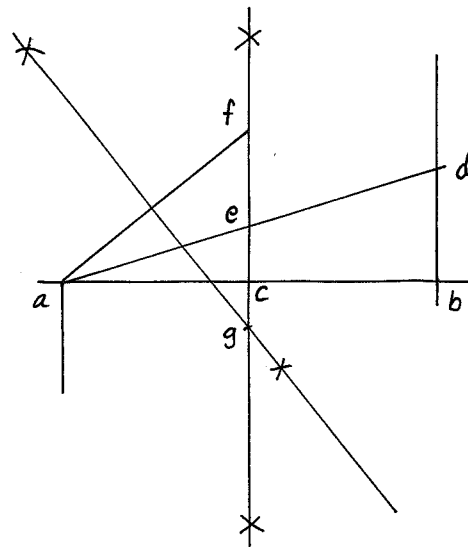
Stigande segmentbåge med två mittpunkter

Om man vill konstruera en stigande båge med segmentbågens proportioner, med en lägre pilhöjd än halva spännvidden, kan man gå till väga på följande sätt. Öppningsmättet, pilhöjden och lutningen på anfangslinjen kan man bestämma själv.

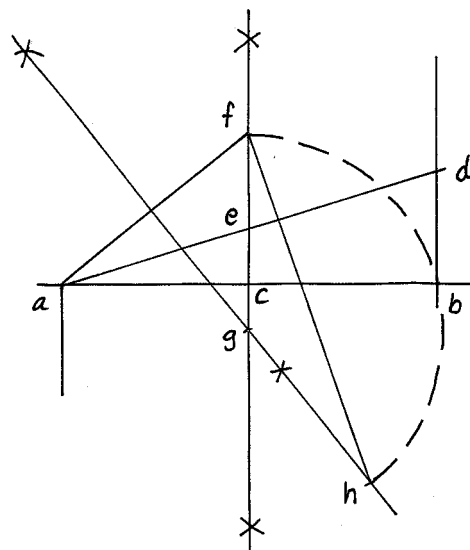
Figur 1. Ta ut mittnormalen till öppningsmättet (a-b), och dra ut den uppåt. Punkt (c) utgör mittpunkt på baslinjen. Ta också ut normalen i punkt (b), sätt ut önskad anfangspunkt (d) och rita ut den lutande anfangslinjen (a-d). Skärningspunkten (e) skapas där anfangslinjen skär mittlinjen.



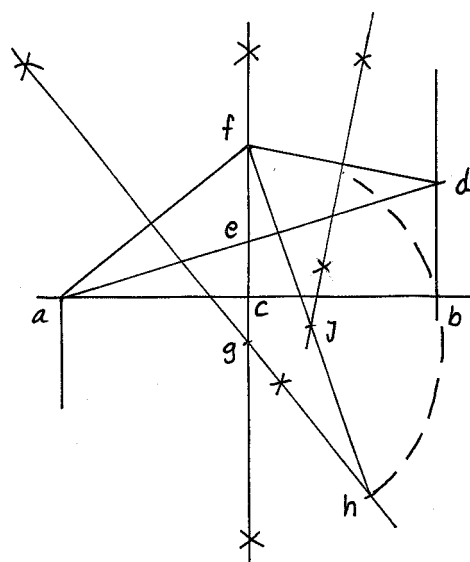
Figur 2. Sätt ut pilhöjden (f) på mittnormalen, med utgångspunkt från (e). Förbind pilhöjdspunkten (f) med anfangspunkten (a). Ta ut mittnormalen på linjen (f-a). Normalen för linjen (f-a) skär normalen till sträckan (a-b) i punkt (g). Dra ut linjen neråt, förbi (g).



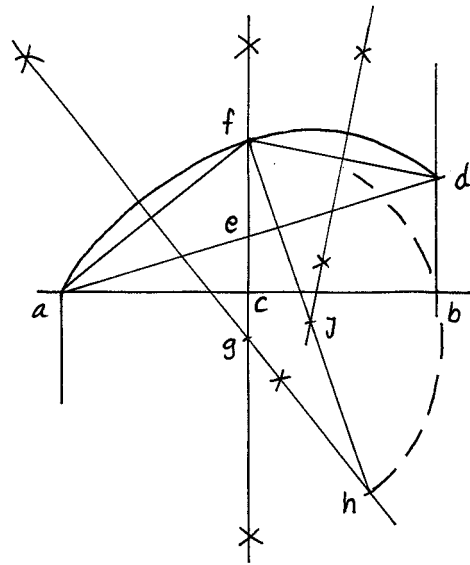
Figur 3. Läs av sträckan mellan punkt (g) och pilhöjdspunkten (f). Slå en cirkelbåge från (f) med passaren i punkten (g) och radien samma som avläst sträcka (g-f) och skapa punkten (h) i mittnormalen för linjen (a-f). Dra linjen (f-h).



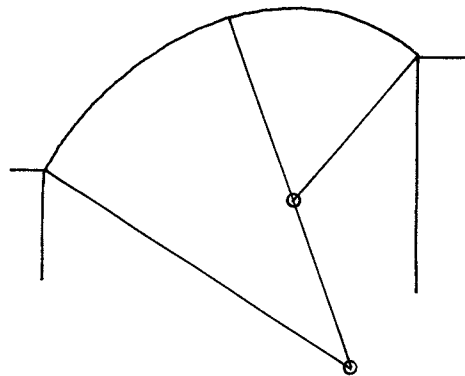
Figur 4. Förbind pilhöjdspunkten (f) med anfangspunkten (d). Ta ut mittnormalen på linjen (f-d). Normalen för linjen (f-d) skär linjen (f-h) och skapar punkten (j). Skärningspunkterna (h) och (j) utgör mittpunkterna för bågens två cirkelsegment.



Figur 5. Sätt passaren i mittpunkten (h) och dra cirkelbågen (a-f). Sätt passaren i mittpunkten (j) och dra cirkelbågen (f-d).



Figur 6. Den stigande segmentbågens form och två mittpunkter.

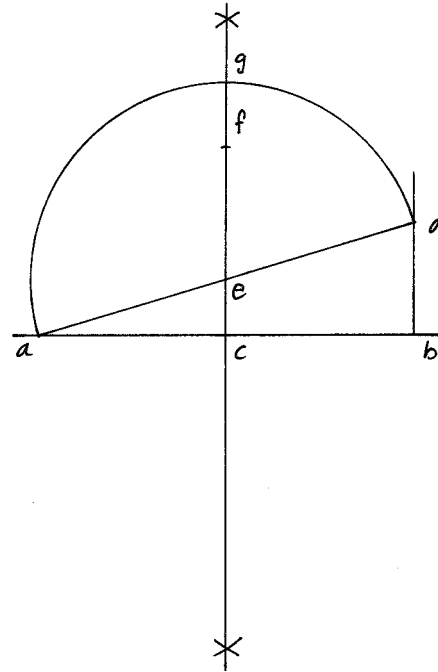


;

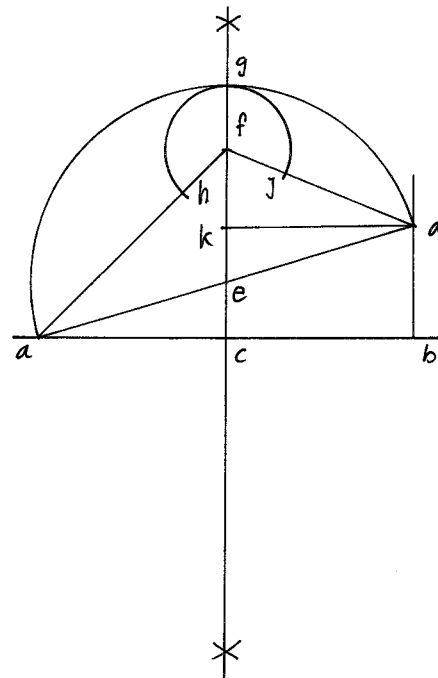
Stigande korgbåge med fyra mittpunkter

Om man vill konstruera en stigande båge med korgbågens proportioner, med en lägre pilhöjd än halva spännvidden, och med mindre radier vid anfangen, kan man gå till väga på följande sätt. Korgbågen är en liknelse till ellipsen, och precis som med den raka korgbågen, underlättar det murningen om det finns ett begränsat antal mittpunkter att förhålla sig till. Öppningsmättet, pilhöjden och lutningen på anfangslinjen kan man bestämma själv.

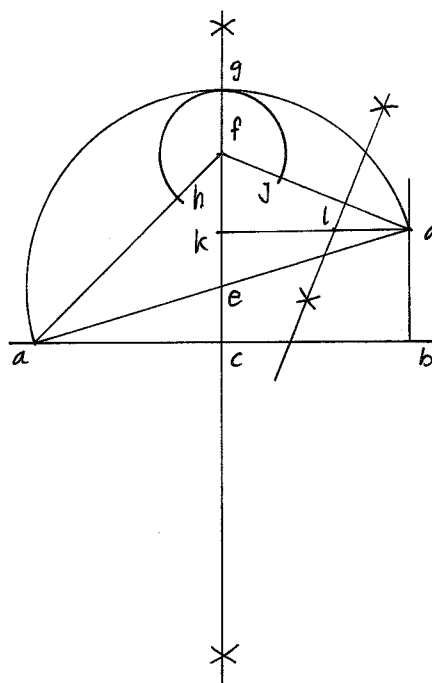
Figur 1. Ta ut mittnormalen till öppningsmättet (a-b) på baslinjen, och dra ut den uppåt. Punkt (c) utgör mittpunkt på baslinjen. Dra upp sidolinjen i punkt (b) parallellt med mittlinjen, sätt ut önskad anfangspunkt (d) och rita ut den lutande anfangslinjen (a-d). Skärningspunkten (e) skapas där anfangslinjen skär mittlinjen. Sätt ut pilhöjden (f) på normalen med utgångspunkt från (e). Sätt passaren i punkt (e) och slå en cirkelbåge med radien (a-e) från punkt (a) över till punkt (d). Där cirkelbågen skär normalen skapas punkten (g).



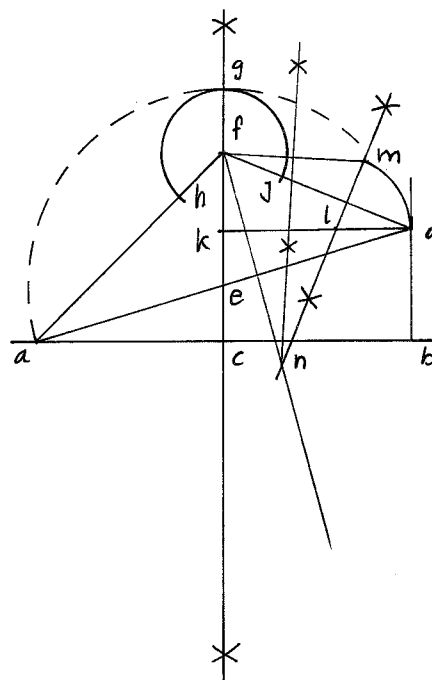
Figur 2. Förbind pilhöjdpunkten (f) med anfangspunkterna (a) respektive (d). Slå en cirkelbåge med passaren i punkt (f) med radien (f-g). Skärningspunkterna (h) och (j) bildas på vinkelbenen (f-a) respektive (f-d). Dra en vågrät linje från (d), inåt till mittlinjen, och skapa punkt (k).



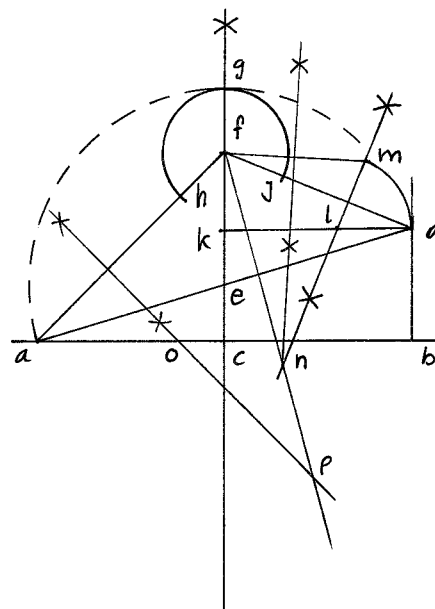
Figur 3. Sätt ut mittnormalen till sträckan (j-d), och förläng den nedåt. I skärningspunkten mellan normalen och sträckan (k-d) skapas punkt (l). Punkt (l) utgör mittpunkten för den första av bågens fyra cirkelsegment.



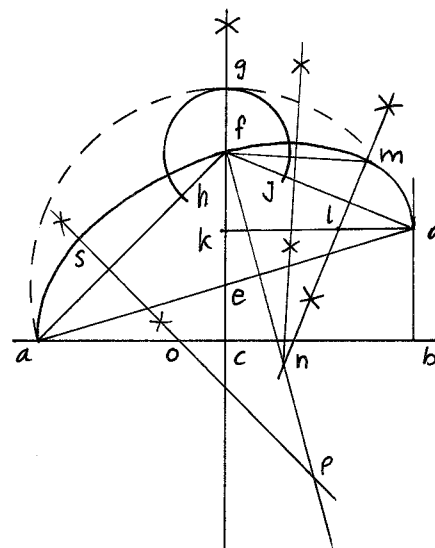
Figur 4. Med passaren i punkt (l) med radie (l-d), slå cirkelbågen från (d) tills den skär normalen och skapar skärningspunkten (m). Förbind pilhöjdspunkten (f) med skärningspunkten (m) och ta ut mittnormalen till sträckan (f-m). Där normalen skär den förlängda sträckan (m-l) skapas skärningspunkten (n). Förbind (f) med (n), och dra ut den linjen nedåt. Punkten (n) utgör mittpunkten för den andra av bågens fyra cirkelsegment.



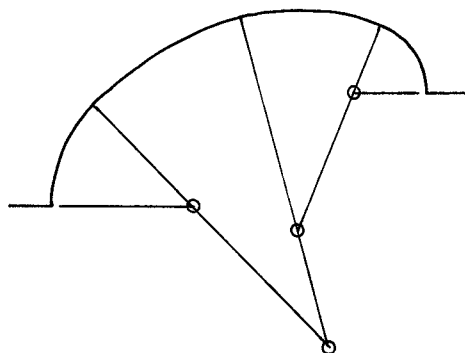
Figur 5. Sätt ut mittnormalen till sträckan (a-h) och förläng den nedåt. Där normalen skär baslinjen (a-b), skapas skärningspunkten (o), och där den skär den förlängda linjen (f-n) skapas skärningspunkten (p). Punkterna (o) och (p) utgör mittpunkter för de sista två av bågens fyra cirkelsegment.



Figur 6. Med passaren i punkt (o) med radie (o-a), slå cirkelbågen från (a) tills den skär normalen och skapar skärningspunkten (s). Sätt passaren i mittpunkten (p) och slå cirkelbågen (s-f). Sätt passaren i mittpunkten (n) och slå cirkelbågen (f-m). Cirkelbågen (m-d) med mittpunkt (l) är redan slagen.



Figur 7. Den stigande korgbågens form och fyra mittpunkter.



11. LITTERATUR

- Almevik, Gunnar (2000). *Planimetri: introduktion till geometrin*. Mariestad: Hantverksskolan Dacapo
- Almevik, Gunnar (2000). *Valvslagning: geometri för murare*. Mariestad: Hantverksskolan Dacapo
- Berggren, Krister & Humble, Olle (red.) (1990). *Äldre murverkshus: reparation och ombyggnad*: [handbok]. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning
- Bolmgren, Åke (1958). *Tegelmurar*. Stockholm: Överstyrelsen för yrkesutbildning
- Sjöström, Ivar (red.) (1944). *Handbok över eldfast material*. Höganäs: Höganäs-Billeholms AB
- Hanby, George A. (1957). *Geometrical drawing*. London: Pitman & Sons.
- Hökerberg, Otar (red.) (1936). *Husbyggnad*. [2]. Stockholm: Nordiska bokförlaget Erdheim & Co.
- Jensen, Aksel (1962). *Bygningskonstruktion for bygningskonstruktørskolene*. 3. udg. Odense: Odense tekniske skole.
- Karlson, Valfrid (1988). *Sekelskiftets byggtæknik: om arkitekten Valfrid Karlson: byggnadsverk och lærobøger*. Stockholm: Svensk byggtjænst
- Lindgren, Jack & Moeschlin, Jan (1985). *Tegel: tillverkning, konstruktion, gestaltung*. Stockholm: Svensk byggtjænst
- Löfroth, Carl (red.) (1918-1924). *Byggnadsindustrien: praktisk uppslagsbok för byggnadsverksamhetens olika grenar av fackbildade på hithörande områden*. Stockholm: Nordiska bokförl.
- Meyer, Franz Sales (1892-1895). *Handbok i ornamentik för tekniska skolor, mönsterritare, arkitekter, fabrikanter och konsthantverkare samt självstudium*. Stockholm: G. Chelius
- Murerbogen*. 5. utg. (2011). Odense: Erhvervsskolernes Forl.
- Murerviden.dk*. [Elektronisk resurs]: den faglige hjemmeside til undervisningsbrug. <http://www.murerviden.dk/>
- Nash, William George (1989). *Brickwork 2*. 3. rev. ed. Cheltenham: Thornes
- Nicholls, Trafalgar Bertram & Keep, Norman Pristo (2009) *Geometry of construction*. [Faksimil av 2. uppl., 1954]. Shaftesbury : Donhead
- Paulsson, Gregor & Granholm, Hjalmar (red.) (1953). *Hantverkets bok*. [4], *Mureri*. 3., omarb. uppl. Stockholm: Lindfors
- Rätt murat och putsat*. [Ny utg.] (2011). Stockholm: Svensk byggtjænst
- Speltz, Alexander (1910). *Stilornament, framställt i teckningar, ordnade i historisk tidsföljd med förklarande text: Handbok för arkitekter, mönsterritare, målare, bildhuggare, träskulptörer, ciselörer, modellörer, konstsmeder, yrkesskolor, bibliotek och till självstudium*. ... [Illustr.]. Stockholm: G. Chelius
- Sutcliffe, George Lister (red.) (1903). *The Modern carpenter, joiner, and cabinet-maker: a complete guide to current practice*. [Vol. 3] London: Gresham Publishing Co.

12. FORMELSAMLING

Beräkning av öppningsmått

$$n \cdot m + f$$

n = antal mursteg i öppningen

m = murstegets mått (mm)

f = stötfogens bredd (mm)

Exempel:

Öppning på 22 mursteg, med mursteg på 65 mm och 10 mm stötfog.

$$22 \cdot 65 + 10 = 1440 \text{ mm}$$

Formel för beräkning av differens från båglängden vid beräkning av skiftgång

$$\geq (10 - f) 2 + f$$

$$\leq [(10 - f) 2 + f] + (n - 1)$$

f = fogens bredd (mm)

n = antal skift i valvringen

Exempel:

21 skift med 7 mm fog

$$n=21$$

$$f=7$$

$$(10 - 7) 2 + 7 = 13 \text{ mm}$$

$$[(10 - 7) 2 + 7] + (21 - 1) = 47 \text{ mm}$$

Dvs differensen kan vara mellan 13 mm och 47 mm här, beroende på valvringens båglängd, och exemplet tidigare i texten med en differens på 23 mm fungerar alltså bra.

Tabell över båg­längder, kordor och båg­höjder för radien = 1

Grader	Båglängd	Kordans längd	Bågens höjd	Grader	Båglängd	Kordans längd	Bågens höjd	Grader	Båglängd	Kordans längd	Bågens höjd
1	0,0175	0,0175	0,00004	61	1,0647	1,0151	0,1384	121	2,1118	1,7407	0,5076
2	0,0349	0,0349	0,00015	62	1,0821	1,0301	0,1428	122	2,1293	1,7492	0,5152
3	0,0524	0,0524	0,00034	63	1,0996	1,0450	0,1474	123	2,1468	1,7576	0,5228
4	0,0698	0,0698	0,00061	64	1,1170	1,0598	0,1520	124	2,1642	1,7659	0,5305
5	0,0873	0,0872	0,00095	65	1,1345	1,0746	0,1566	125	2,1817	1,7740	0,5383
6	0,1047	0,1047	0,00137	66	1,1519	1,0893	0,1613	126	2,1991	1,7820	0,5460
7	0,1222	0,1221	0,00187	67	1,1694	1,1039	0,1661	127	2,2166	1,7899	0,5538
8	0,1396	0,1395	0,00244	68	1,1868	1,1184	0,1710	128	2,2340	1,7976	0,5616
9	0,1571	0,1569	0,00308	69	1,2043	1,1328	0,1759	129	2,2515	1,8052	0,5695
10	0,1745	0,1743	0,00381	70	1,2217	1,1472	0,1808	130	2,2689	1,8126	0,5774
11	0,1920	0,1917	0,00460	71	1,2392	1,1614	0,1859	131	2,2864	1,8199	0,5853
12	0,2094	0,2091	0,00548	72	1,2566	1,1756	0,1910	132	2,3038	1,8271	0,5933
13	0,2269	0,2264	0,00643	73	1,2741	1,1896	0,1961	133	2,3213	1,8341	0,6013
14	0,2443	0,2437	0,00745	74	1,2915	1,2036	0,2014	134	2,3387	1,8410	0,6093
15	0,2618	0,2611	0,00856	75	1,3090	1,2175	0,2066	135	2,3562	1,8478	0,6173
16	0,2793	0,2783	0,00973	76	1,3265	1,2313	0,2120	136	2,3736	1,8544	0,6254
17	0,2967	0,2956	0,01098	77	1,3439	1,2450	0,2174	137	2,3911	1,8608	0,6335
18	0,3142	0,3129	0,01231	78	1,3614	1,2586	0,2229	138	2,4086	1,8672	0,6416
19	0,3316	0,3301	0,01371	79	1,3788	1,2722	0,2284	139	2,4260	1,8733	0,6498
20	0,3491	0,3473	0,01519	80	1,3963	1,2856	0,2340	140	2,4435	1,8794	0,6580
21	0,3665	0,3645	0,01675	81	1,4137	1,2989	0,2396	141	2,4609	1,8853	0,6662
22	0,3840	0,3816	0,01837	82	1,4312	1,3121	0,2453	142	2,4784	1,8910	0,6744
23	0,4014	0,3987	0,02008	83	1,4486	1,3252	0,2510	143	2,4958	1,8966	0,6827
24	0,4189	0,4158	0,02185	84	1,4661	1,3383	0,2569	144	2,5133	1,9021	0,6910
25	0,4363	0,4329	0,02370	85	1,4835	1,3512	0,2627	145	2,5307	1,9074	0,6993
26	0,4538	0,4499	0,02563	86	1,5010	1,3640	0,2686	146	2,5482	1,9126	0,7076
27	0,4712	0,4669	0,02763	87	1,5184	1,3767	0,2746	147	2,5656	1,9176	0,7160
28	0,4887	0,4838	0,02969	88	1,5359	1,3893	0,2807	148	2,5831	1,9225	0,7244
29	0,5061	0,5008	0,03185	89	1,5533	1,4018	0,2867	149	2,6005	1,9273	0,7328
30	0,5236	0,5176	0,03407	90	1,5708	1,4142	0,2929	150	2,6180	1,9319	0,7412
31	0,5411	0,5345	0,03637	91	1,5882	1,4265	0,2991	151	2,6354	1,9363	0,7496
32	0,5585	0,5512	0,03874	92	1,6057	1,4387	0,3053	152	2,6529	1,9406	0,7581
33	0,5760	0,5680	0,04118	93	1,6232	1,4507	0,3116	153	2,6704	1,9447	0,7666
34	0,5934	0,5847	0,04370	94	1,6406	1,4627	0,3180	154	2,6878	1,9487	0,7750
35	0,6109	0,6014	0,04628	95	1,6581	1,4746	0,3244	155	2,7053	1,9526	0,7836
36	0,6283	0,6180	0,04894	96	1,6755	1,4863	0,3309	156	2,7227	1,9563	0,7921
37	0,6458	0,6346	0,05168	97	1,6930	1,4979	0,3374	157	2,7402	1,9598	0,8006
38	0,6632	0,6511	0,05448	98	1,7104	1,5094	0,3439	158	2,7576	1,9633	0,8092
39	0,6807	0,6676	0,05736	99	1,7279	1,5208	0,3506	159	2,7751	1,9665	0,8178
40	0,6981	0,6840	0,06031	100	1,7453	1,5321	0,3572	160	2,7925	1,9696	0,8264
41	0,7156	0,7004	0,06333	101	1,7628	1,5432	0,3639	161	2,8100	1,9726	0,8350
42	0,7330	0,7167	0,06642	102	1,7802	1,5543	0,3707	162	2,8274	1,9754	0,8436
43	0,7505	0,7330	0,06958	103	1,7977	1,5652	0,3775	163	2,8449	1,9780	0,8522
44	0,7679	0,7492	0,07281	104	1,8151	1,5760	0,3843	164	2,8623	1,9805	0,8608
45	0,7854	0,7654	0,07612	105	1,8326	1,5867	0,3912	165	2,8798	1,9829	0,8695
46	0,8029	0,7815	0,0795	106	1,8500	1,5973	0,3982	166	2,8972	1,9851	0,8781
47	0,8203	0,7975	0,0829	107	1,8675	1,6077	0,4052	167	2,9147	1,9871	0,8868
48	0,8378	0,8135	0,0865	108	1,8850	1,6180	0,4122	168	2,9322	1,9890	0,8955
49	0,8552	0,8294	0,0900	109	1,9024	1,6282	0,4193	169	2,9496	1,9908	0,9042
50	0,8727	0,8452	0,0937	110	1,9199	1,6383	0,4264	170	2,9671	1,9924	0,9128
51	0,8901	0,8610	0,0974	111	1,9373	1,6483	0,4336	171	2,9845	1,9938	0,9215
52	0,9076	0,8767	0,1012	112	1,9548	1,6581	0,4408	172	3,0020	1,9951	0,9302
53	0,9250	0,8924	0,1051	113	1,9722	1,6678	0,4481	173	3,0194	1,9963	0,9390
54	0,9425	0,9080	0,1090	114	1,9897	1,6773	0,4554	174	3,0369	1,9973	0,9477
55	0,9599	0,9235	0,1130	115	2,0071	1,6868	0,4627	175	3,0543	1,9981	0,9564
56	0,9774	0,9389	0,1171	116	2,0246	1,6961	0,4701	176	3,0718	1,9988	0,9651
57	0,9948	0,9543	0,1212	117	2,0420	1,7053	0,4775	177	3,0892	1,9993	0,9738
58	1,0123	0,9696	0,1254	118	2,0595	1,7143	0,4850	178	3,1067	1,9997	0,9825
59	1,0297	0,9848	0,1296	119	2,0769	1,7233	0,4925	179	3,1241	1,9999	0,9913
60	1,0472	1,0000	0,1340	120	2,0944	1,7321	0,5000	180	3,1416	2,0000	1,0000

Om man med denna tabell önskar finna längden av t. ex. bågen för en i grader och minuter angiven vinkel, förfaras på följande sätt: Exempel: Vinkeln = 47° 47'

Ur tabellen fås båg­längden för 47° = 0,8203
 ” ” ” ” ” ” 48° = 0,8378
 Differens = 0,0175

$$\text{Båglängden blir sålunda} = 0,8203 + 47/60 \times 0,0175 = 0,8203 + 0,0137 = 0,8340$$

Ur: Handbok över eldfast material, Höganäs, 1944.

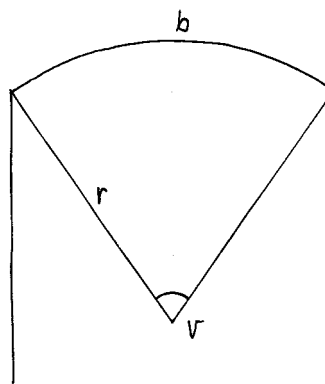
Båglängden (b) med hjälp av tabell (sid 81)

1) Ta reda på vinkeln (v) med gradskiva (el. sinustabell)
Ex. 70°

2) Gå in i tabellen i kolumnen för ”grader” och läs av talet i kolumnen för ”båglängd”
Ex. $70^\circ = 1,2217$

3) Mät upp radien (r)
Ex. 600 mm.

4) Multiplicera talet i punkt 2) med radien (r)...
Ex. $1,2217 \cdot 600 = 733,02$
...och du får måttet på båglängden (b)
Ex. 733,02 avrundas lämpligen till 733 mm.



Båglängden (b) med hjälp av formeln: $b = v/360 \cdot 2\pi r$

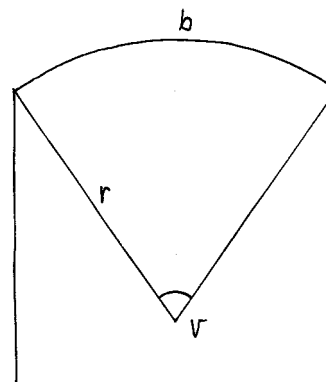
1) Ta reda på vinkeln (v) med gradskiva (el. sinustabell)
Ex. 70°

2) Dela vinkeln (v) med 360
Ex. $70 / 360 = 0,1944$

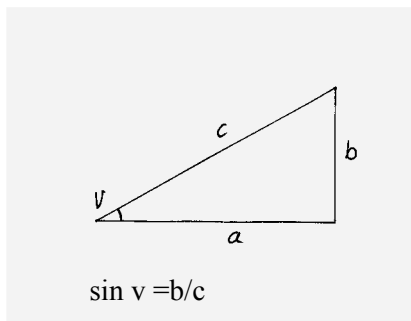
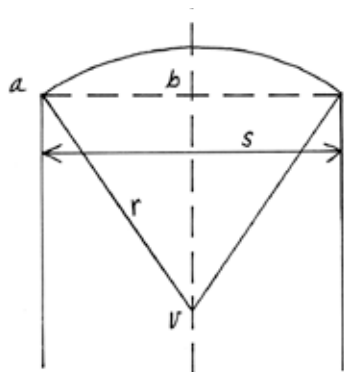
3) Mät upp radien (r)
Ex. 60 cm.

4) Multiplicera (r) med 2 och sen med 3,14
Ex. $60 \cdot 2 \cdot 3,14 = 376,8$.

5) Multiplicera resultatet i punkt 2) med resultatet i punkt 4)...
Ex. $0,1944 \cdot 376,8 = 73,266$
...och du får måttet på båglängden (b).
Ex. 73,266 avrundas lämpligen till 73,3 cm.



Vinkeln (v) med hjälp av sinustabell



1) Ta halva öppningsmättet (s), dvs sträckan ($a-b$), och dividera med radien (r)

Ex. $r = 90$ cm

$s = 90$ cm

$a-b = 45$ cm ($90 / 2 = 45$)

vilket ger $45 / 90 = 0,5$

2) Läs av gradtalet för siffran du fick i punkt 1), i en sinustabell
(eller kalkylator med sinusfunktion)

Ex. $\sin 0,5 = 30^\circ$

3) Multiplicera gradtalet du fick i punkt 2), med 2

Ex. $30 \cdot 2 = 60$

...och du får vinkeln (v)

Ex. (v) = 60°

Formeln lyder alltså: $\sin \frac{1}{2} v = s/2r$

Anders Göransson är lärare i murhantverk på Institutionen för kulturvård vid Göteborgs universitet och har undervisat i murning och valvslagning sedan 2005. Han är utbildad murare vid Dacapo hantverksskola, numera bygghantverksprogrammet vid Göteborgs universitet. Intresset för geometri och arkitektur har följt med sedan grundläggande konstnärlig utbildning. Innan han började som murare var han verksam som dekormålare vid Norrlandsoperan i Umeå.



Foto Linda Lindblad

Gunnar Almevik är doktor i kulturvård med byggnadshistorisk inriktning. Han har sedan 1993 arbetat för att skapa bryggor mellan forskning, utbildning och praktisk verksamhet i kulturmiljövärden. Han var drivande i etableringen av Dacapo hantverksskola 1996 och arbetade som rektor till 2005 då skolan inlemades i Göteborgs universitet och därefter som verksamhetsledare för Hantverkslaboratoriet till 2015.



Foto Eva Löfgren

