© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

VÄLTBETONG SOM YTBELÄGGNING I GRUVOR OCH ANLÄGGNINGAR

Ulf Carlsson, Markgruppen Cementa

Planer och uppställningsplatser inom industri och anläggningar utsätts för allt större belastningar, t ex genom större fordon med allt högre axeltryck. För de flesta traditionella beläggningar innebär detta höga underhållskostnader och korta livslängder.

Med váltbetong får man istället en beläggning med lång livslängd och med ett minimalt behov av underhåll.

Váltbetong tål höga belastningar, är slitstark och beständig mot frost, olja och de flesta kemiska ämnen.

Beläggningar av váltbetong har därför på kort tid fått en stor användning inom industri och anläggningar. Sedan 1985 använder t ex LKAB váltbetong som vägbeläggning på en stor del av vägarna i gruvan i Malmberget. Denna beläggning med váltbetong medför inte bara god arbetsmiljö utan också hög effektivitet vid malmbrytningen.

VÄLTBETONG - ÖVERLÄGSET ALTERNATIV

I Sverige har asfalt länge varit det dominerande materialet som använts till beläggningar av planer och vägar. I takt med samhällets och industrins ökade krav på bärighet, slitstyrka, beständighet och minskade underhållskostander för sina planer och vägar har behovet av ett alternativt material vuxit allt starkare.

Váltbetong har på kort tid utvecklats till ett utomordentligt alternativ och komplement till asfalt. Detta har man upptäckt utomlands där váltbetong använts länge. I Kanada lades de första ytorna 1976 och dessa är fortfarande i bruk, dessutom i skick som nya.

Utvecklingen av váltbetong har inneburit att man numera erhåller en för de flesta ändamål användbar betongbeläggning till ett lågt pris. Váltbetong har därför fått stor användning de senaste åren även i Sverige och också här är resultaten och erfarenheterna mycket goda.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Mer information om vältbetong finns i handboken; "Betong på mark projektering och byggande", Svensk Byggtjänst.

MÅNGA FÖRDELAR

Vältbetong kan användas överallt, såväl inomhus som utomhus, där man behöver en stark och tålig beläggning. De största användningsområdena har hittills varit där man skall trafikera med låg hastighet, t ex industriplaner, hamnplaner, uppställningsplaner och inom lantbruket.

Vältbetong utgör normalt både slitlager och bärlager och den totala överbyggnaden blir tunnare än alternativa överbyggnader. Utomlands används vältbetong även till vägar och beroende av ytjämnhetskraven används vältbetong då som kombinerat slitlager och bärlager eller som bärlager.

Vältbetong är beständig mot de flesta ämnen, t ex oljespill och de flesta kemiska ämnen.

Ekonomi

Anläggningskostnaderna för ytor med tung belastning eller oljespill etc är ofta samma, eller kanske t o m lägre, för vältbetong som för t ex asfaltöverbyggnader.

Totalt sett har vältbetong låga förvaltnings- och underhållskostnader.

Under byggnadsskedet

Utläggningskapaciteten är mycket hög. Vältbetong tål dessutom att belastas tidigt och stör därför inte övrig produktion varken på arbetsplatsen eller på annan intilliggande verksamhet.

Vältbetongens låga fuktkvot innebär att antalet fogar kan minskas. I många fall behövs dessutom inga fogar allas eftersom det sällan uppkommer sprickor på kortare avstånd än 15 m och dessa normalt inte påverkar beläggningens funktion.

Underbyggnaden för vältbetong kan göras tunn vilket innebär få borttransporter av massor och därmed låga kostnader för tillförda massor.

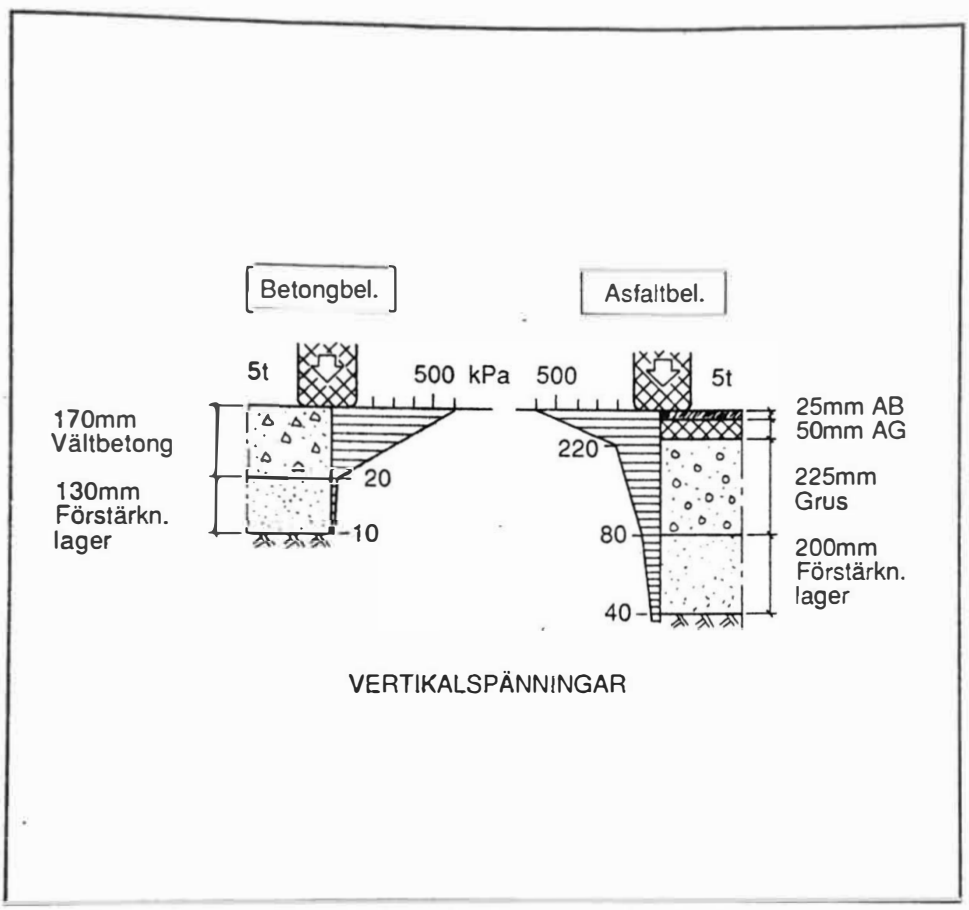
I förvaltningsskedet

Vältbetong kräver minimalt underhåll och förvaltning därför att den är:

* frostbeständig i salt miljö.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

* oberoende av temperaturpåverkan
* resistens mot oljor, drivmedel och de flesta kemiska ämnen.
* stark och tål stora punktlaster.
* styv och fördelar ut lasterna på en stor yta vilket praktiskt omöjliggör sättningar och deformationer.
* ljus varför eventuella belysningskostnader kan minskas.



Jämförelse av vertikalspänningar i en överbyggnad med asfalt- respektive betongbeläggning (Trafikklass 4. Undergrund C).

Vältbetong är en beläggning av oarmerad betong. Den torra betongen läggs ut och packas med samma utrustning som för asfalt, vilket betyder att all maskinell utrustning redan finns tillgänglig hos de lokala entreprenörerna.

Rutinerna för att hantera vältbetongen på arbetsplatsen påminner om hanteringen av asfalt, men med vältbetong har man längre öppethållandetid hos materialet.

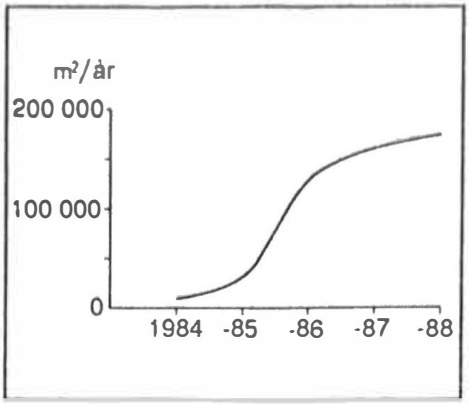
VAD ÄR VÄLTBETONG?

Vältbetong är en oarmerad beläggning av torr betong som packats med vibrerande vält. Dess tryckhållfasthet motsvarar minst K40 efter 28 dygn och den är beständig mot frost i salt miljö samtidigt som den är tålig mot nötning.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

UTVECKLINGEN

Marknaden för váltbetong i Sverige är stor och användningen av materialet växer snabbt.



Utveckling av marknaden för váltbetong i Sverige.

Váltbetongbeläggningar är tekniskt och ekonomiskt både konkurrent och komplement till asfaltbundna beläggningar, i första hand där man har behov av starka, tåliga beläggningar som trafikeras med låg hastighet.

Användningen av váltbetong på ytor med krav på hög ytjämnhet, t ex på flygplatser och vägar, kommer att öka efterhand som högpackande utläggare blir tillgängliga.

DELMATERIAL OCH SAMMANSÄTTNING

Bindemedel

Bindemedlet i váltbetong består av portlandscement (Std P).

Blandar man in silikastoft (SiO_2), upp till 10 % av bindemedelsvikten, får man en jämnare betongkvalitet.

Flygaska har i Sverige visat sig kunna ge problem med frostbeständigheten och rekommenderas därför inte. Dessutom ger flygaska en långsam hållfasthetstillväxt.

Bindemedelsmängden är 340 kg/m^3.

Frostbeständighet uppnås med lågt vct och torr konsistens. Högsta tillåtna vct är därför 0,39 för váltbetong med frostbeständighetskrav.

Vatten

Fuktkvoten styrs främst med utgångspunkt från de krav man ställer på packning av färsk váltbetong. Dessutom skall vct inte vara högre än 0,39 vid krav på frostbeständighet.

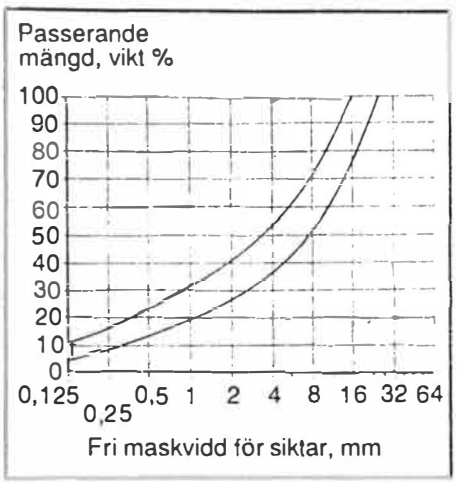
© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Fuktkvoten mäts efter torkning vid 105°C och är normalt 4,7-5,6 viktprocent vilket innebär 110-130 l vatten per kubikmeter betong. Optimal fuktkvot bestäms vid förundersökningen.

Det är viktigt att arbeta med rätt fuktkvot. En för låg fuktkvot innebär att beläggningen inte kan packas i underkant, dvs inte får rätt hållfasthet. En för hög fuktkvot gör att material fastnar på välten samtidigt som frostbeständigheten försämras när vct >0,39. Slutprodukten, dvs den hårdnade betongens kvalitet, bestäms av packningsgrad och av vct.

Ballast

För att minimera risken för stenseparation rekommenderas en jämn fördelningskurva. Av samma anledning rekommenderas också en relativt hög halt finmaterial och en största stenstorlek av högst 16-22 mm.



Rekommenderade gränskurvor för sammansatt ballast, lämplig för vältbetong.

Vid höga krav på överytans slitstyrka skall ballasten ha ≥40 % material ≥ 8 mm.

TILLVERKNING

Tillverkare skall vara godkända av Kontrollnämnden för fabriksbetong. Det finns idag ca 220 godkända, stationära, betongfabriker som geografiskt täcker hela Sverige.

Vältbetongens torra konsistens gör ett mycket rationellt hanteringssystem (transport, utläggning och vältning) möjligt. Det är därför normalt tillverkningskapaciteten som är den begränsande faktorn för metoden.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Hos de flesta betongstationer är tillverkningskapaciteten för váltbetong normalt 35-50 m^3/timme.

Váltbetong säljs normalt per fast m^3.

TRANSPORT

Váltbetong är känslig för variationer i fuktkvot. Det är därför viktigt att fuktigheten hålls under kontroll under transporten som därför skall ske med täckta lastbilar.

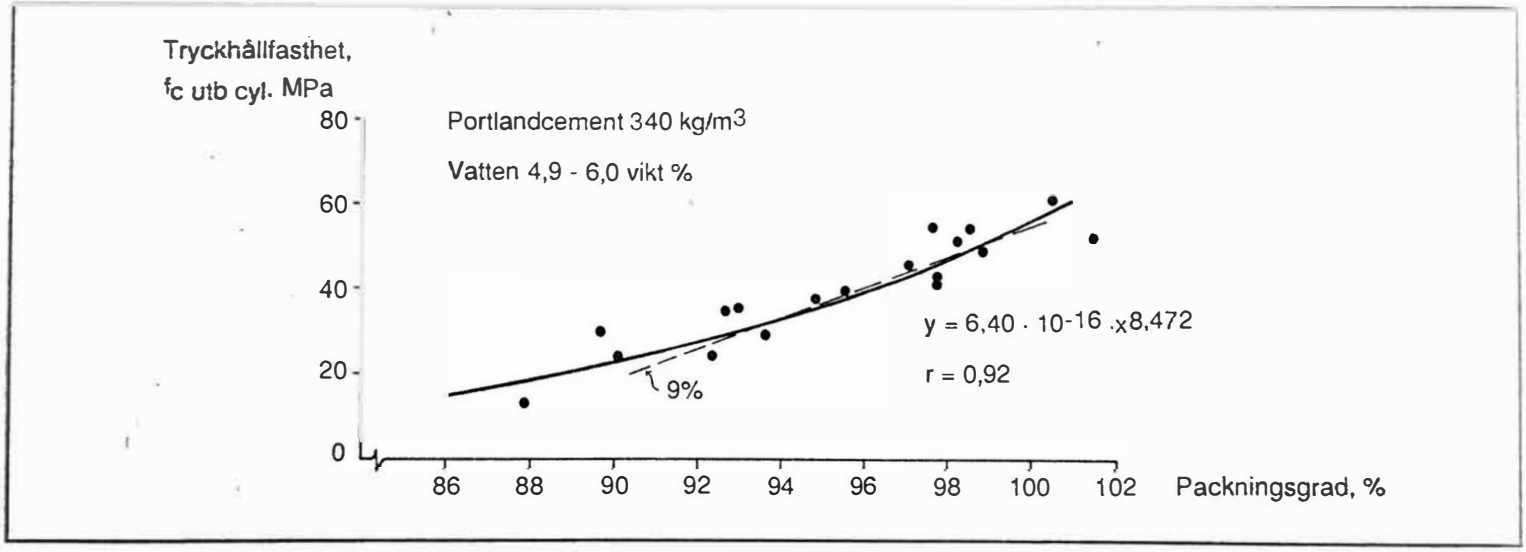
För att undvika stenseparation vid transport och tippning används flaklastbilar eftersom dessa ger en lägre tipphöjd än konventionella betongbilar.

Högst 1 timmes transporttid rekommenderas.

Packningsgrad och hållfasthet

Packningsgraden styr till stor del slutproduktens egenskaper. Packningsgraden är materialets torra skrymdensitet (torrdensitet) efter packning på arbetsplatsen, dividerat med torrdensiteten vid standardiserad packning i laboratorium med Kango(kub)-metoden.

I Sverige är kravet på packningsgraden 97 %.



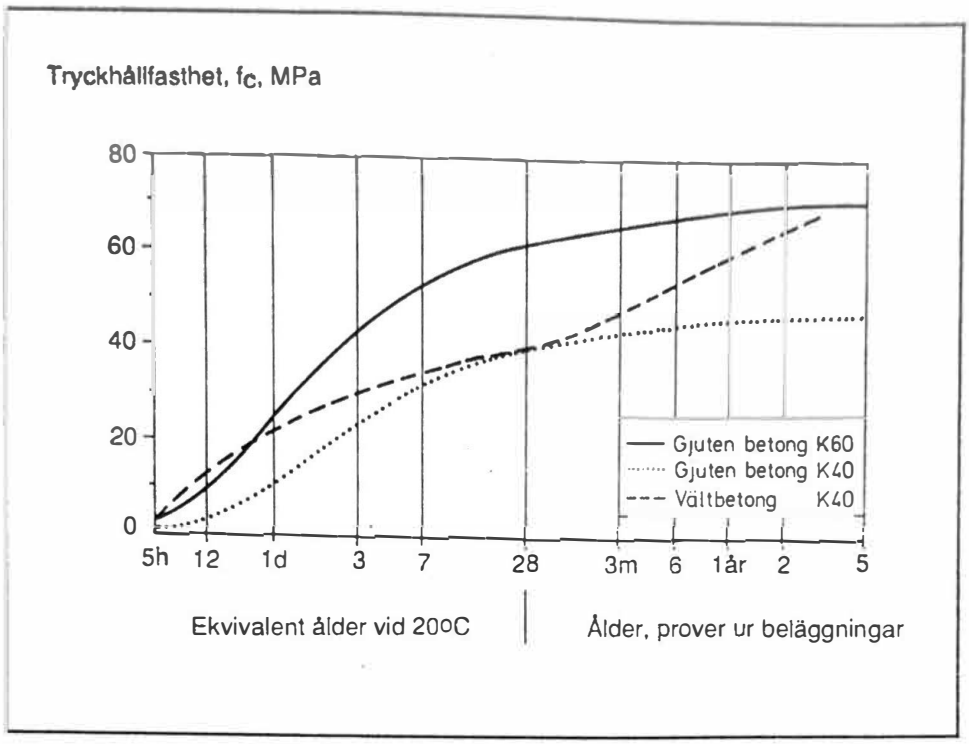
Samband mellan packningsgrad och tryckhållfasthet för en typisk váltbetong.

Váltbetongens tryckhållfasthet ändras markant med ändrad packningsgrad. Med utgångsläge från 97 % minskar, respektive ökar, tryckhållfastheten med 9 % för varje procents förändring av packningsgraden. Även alla andra fysikaliska egenskaper påverkas av packningsgrad.

Den begränsande faktorn för váltbetongens hållfasthetstillväxt är tillgången på fukt. Váltbetongs

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

hållfasthet i tidigt skede, upp till ca 1 dygn, är mycket högre än för gjuten K40 och ungefär samma som för gjuten K60. Tillväxten avstannar sedan på grund av en inre självuttorkning. Hållfastheten efter 28 dygn motsvarar därför endast en K40. I takt med att den svenska väderleken säkerställer tillförseln av vatten sker en fortsatt tillväxt i hållfastheten även efter 28 dygn. Prover ur 3 år gamla beläggningar visar att hållfastheten då är betydligt högre än en K40 och ungefär samma som en gjuten K60.



Tillväxten i tryckhållfasthet för gjuten betong K 40 och K 60 respektive váltbetong K 40

Det är liten risk att váltbetongen kommer att skadas av tidig frysning eftersom nyváltad betong uppnår tillräcklig hållfasthet, 5 MPa, relativt snabbt, se avsnitt "förberedelser-förarbeten".

Krympning

Krympning i váltbetong är liten p g a dess låga vattenhalt. De fogar som behövs vid krav på lastöverföring kan därmed läggas med ett längre avstånd sinsemellan, se avsnitt "fogar". Vid industriytor kan man i många fall utelämna fogarna och istället låta váltbetongen självspricka. Dessa självsprickor uppkommer i sådana fall med ett högt c-avstånd, normalt större än 15 m, och har ingen praktisk betydelse för dessa beläggningars funktion eller livslängd.

Frostbeständighet

Frostbeständighet är en av váltbetongens viktigaste egenskaper. I likhet med gjuten betong är bra ballast en förutsättning.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Váltbetongens höga halt av bindemedel och finmaterial samt dessa låga vct (≤0,39) i kombination med hög packningsgrad (≥97 %) säkerställer frostbeständigheten utan att luftporbildande tillsatsmedel behöver användas. Orsaken är densamma som för andra torra betonger, t ex trottoarplattor, dvs váltbetong har i sig ett stabilt luftporsystem av oregelbundna porer som inte försvinner vid packningen.

Frostbeständigheten verifieras via förundersökning.

ÖVERYTAN

En váltbetong har inget övre separationsskikt. Därför måste härdningen påbörjas snabbt. Denna görs bäst med vattenabsorberande geotextil direkt efter váltningen, dock senast 2 timmar efter inblandningen av cement. Normalt förseglas istället överytan med asfaltemulsion eller asfaltlösning ≥0,6 kg/m^2. Är kraven på överytan höga skall váltbetongen vattenhärdas 3-7 dygn. Detta säkerställer i kombination med en hög stenhalt i váltbetongen en hög slitstyrka.

KVALITETSKONTROLL

En noga förberedd kontrollplan är viktigt hjälmedel, om man vill vara säker på slutresultatet.

Provning av färsk váltbetong görs med metoder som övervägande är nya för betongfolk. Därför görs här en genomgång av aktuella provningsmetoder.

PROVNINGSMETODER

Fuktkvot

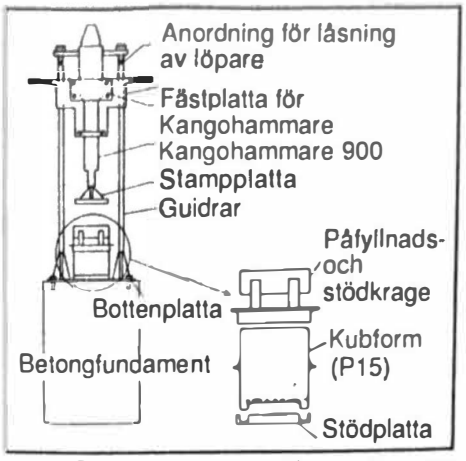
Fuktkvot för váltbetong bestäms enl SS 132122. Provet görs i ett 105°C varmt värmeskåp, alt värmeplatta, på arbetsplatsen eller i laboratoriet. Vid jämförelse mellan resultat från samma arbete är det väsentligt att samma metod används så att jämförelsen inte blir missvisande.

Vibrerande packning av provkroppar

Förhållandena på varje arbetsplats skiljer sig åt vad avser undergrund, mothåll i sidled, utlagd tjocklek och använd utläggare resp vält, Arbetsplatsens resultat går därför bara att kontrollera genom prov från beläggningen och inte genom simulering med en provningsmetod. Därför kontrolleras váltbetongkvaliteten och arbetsutförandet var för sig, dels genom vibrerande packning av provkroppar, dels genom mätning av packningsgraden. Detta säkerställer önskad kvalitet.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

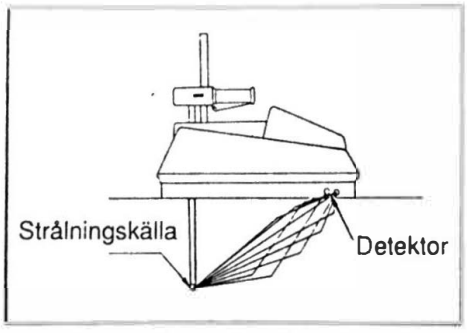
Packning och tillverkning av provkroppar görs som vibrerande packning ovanifrån med den s k Kango(kub)-metoden.



Provningsmetoden Kango (kub) för vibrerande packning av váltbetong.

Packningsgrad

Kontroll av arbetsutförandet görs genom mätning av packningsgraden. Eftersom den maximala torrdensiteten hos materialet redan är bestämd med Kango(kub) enligt tidigare, så innebär kontrollen på arbetsplatsen att se till att torrdensiteten i beläggningen är minst 97 % av den maximala. Detta görs med en radioaktiv isotopmätare eller en volymmeter.



Exempel på radioaktiv isotopmätare.

KONTROLLSCHEMA

Grundläggande för kontrollschemat är att tillverkningen sker hos godkänd tillverkningskontrollerad betongtillverkare för gjuten betong. Tillverkningen av váltbetong skall också ske efter samma tillämpbara krav som gjuten betong - enligt FAB 85 (tillämpningsbestämmelser för tillverkning och kontroll av fabriksbetong).

Betongtillverkaren

Förundersökning skall utföras innan váltbetong levereras första gången och varje gång förutsättningarna ändras, t ex vad gäller sammansättningen av ballast.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Fortlöpande provning ska ske enligt Tabell.

	Provtagning	Tryckhållfasthet	Packningsgrad
Vältbetongtillverkare	- 1gång/dag för hållfast - vid dagens två första satser vältbetong - vid varje påbörjad 100m³ vältbetong - vid varje uttagning för hållfasthetsprovning	- minst 1 frv/dag, dock minst 3 kuber/kalendervecka när leverans sker.	-
Beläggningsentreprenör	- vid första lasset - minst en gång per påbörjade 100m³ vältbetong	-	- när första lasset lagts ut - minst 2 ggr per utlagda 200m²

Beläggningsentreprenörens arbetsplatskontroll

På arbetsplatsen skall särskild kontrollant eller ansvarig arbetsledare utföra kontroll vid mottagningen av vältbetongen. Förutom normal leveranskontroll och okulär besiktning skall entreprenören göra en fortlöpande provning enligt ovanstående tabell.

Besiktning och efterkontroll

Det är bara den färdiga konstruktionen som har beläggningens faktiska egenskaper. Besiktningen av detta skall göras utifrån byggherrens önskemål och består normalt av:

* Ytjämnhetskontroll och fall som detaljer som anslutningar, kringgjutningar och fogar.
* Genomsnittlig tjocklek beräknad som antalet fasta m^3 levererad vältbetong dividerat med den totala ytan.
* Genomgång av resultat från fortlöpande provning.

PROJEKTERING

DIMENSIONERING

Vid dimensionering av överbyggnad med vältbetong är det speciellt viktigt att vältbetongens tjocklek blir riktig. De mått som anges här är minimimått. Dimensioneringen av vältbetong sker på samma sätt som för gjuten markbetong.

En metod att dimensionera vältbetong är framtagen av Väg- och Trafikinstitutet (VTI) och redovisas i "Betong på Mark-Projektering och byggande". Texten med tillhörande råd och kommentarer är uppställd enligt Mark **AMA** 83 (och RA 83 Mark).

I många fall är omständigheterna sådana att varje objekt måste dimensioneras var för sig med tanke på belastning, undergrund och överbyggnad. VTI utför sådana dimensioneringar om man har följande ingångsdata:

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

* Plats för ytan.
* Fordon, typ, fabrikat.
* Totalvikt ton.
* Axellaster fram/bak ton.
* Antal hjul per axel fram och bak.
* Hjulens inbördes avstånd på axel.
* Ringtryck.
* Antal överfarter per dag alt år.
* Livslängd.
* Markförhållande, lager, typ, tjocklek, E-modul.
* Undergrund.

Erfarenheterna från upp till 350 mm tjocka váltbetong-beläggningar finns.

TIDIG TRAFIKERING

Till skillnad från gjuten markbetong kan váltbetong trafikeras tidigt. Cement och Betong Institutet (CBI) och VTI har tagit fram rekommendationer för när detta tidigast kan ske, se "Betong på mark-Projektering och byggande".

Ballastmaterialets höga stabilitet innebär att teoretiskt är en omedelbar trafikering möjlig, men för att inte störa cementhydrationen rekommenderas detta inte i Sverige.

Tidig trafikering kan dock ske p g a den snabba hållfasthetstillväxten hos váltbetong. VTIs beräkningar bygger på att endast 1,5 % av den totala utmattningshållfastheten får utnyttjas före 28 dygns ålder.

ARBETSUTFÖRANDE

FÖRBEREDELSER - FÖRARBETEN

Före utläggning skall undergrunden packas enligt Tabell C/5 i Mark AMA 83.

Förstärkningslagret skall ha samma fall och planhetstolerans som den önskade färdiga planhetstolerans som den önskade färdiga ytan på váltbetongen. Normalt betyder detta ca 2 % fall mot dagvattenbrunn resp 12 mm tolerans.

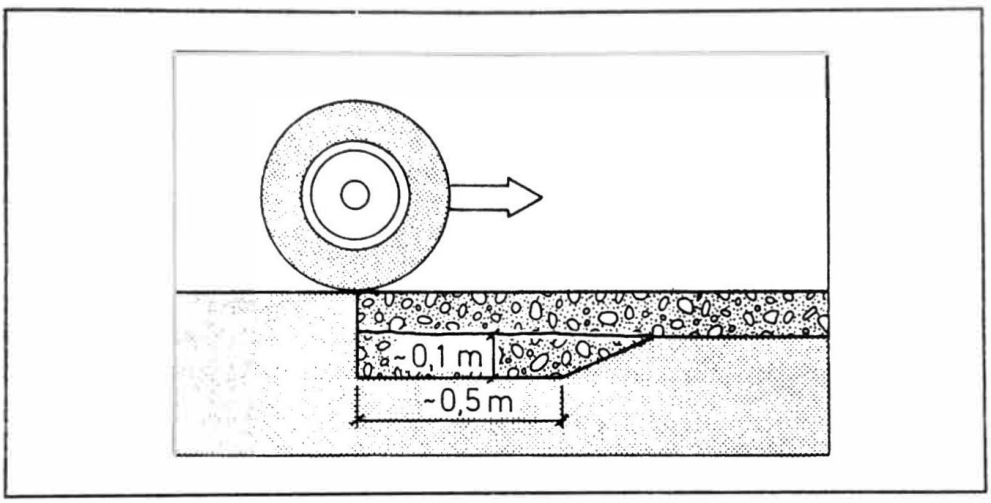
Fritt vatten får inte förekomma på underlaget eftersom detta försvårar, eller omöjliggör, váltningen. Underlaget kan dock ibland behöva vattnas lätt om det är mycket torrt, för att förhindra en alltför snabb uttorkning nedåt.

Váltbetongen får inte läggas ut på tjälfrusen mark. Det är viktigt att váltbetongen inte fryser innan den har uppnått hållfastheten 5 MPa. Váltbetong har snabb hållfasthetstillväxt varför risken för frysning av

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

nyvältad vältbetong pga minusgrader endast föreligger de första 24 tim (första natten) efter läggningen om lufttemperaturen vid läggningen är 5°C eller högre. Kontakta meteorolog för en väderleksprognos under och efter läggningen. Om det är risk för frysning kan man antingen öka betongtemperaturen, täcka överytan eller öka hållfastheten med extra cement eller använda SH-cement.

Före utläggning skall kantförstyvningar vara gjorda där trafik leds in på beläggningen. Det underlättar arbetet om större motgjutna detaljer och anslutande beläggningar utförs innan vältbetongen läggs ut.



Kantförstyvning där trafik leds in på beläggningen.

Anslutningsfog görs mot fasta konstruktioner som t ex pelare, maskinfundament och angränsande beläggning för att avgränsa dessa konstruktionsdelar från vältbetongen. Delarna kan då röra sig vertikalt och horisontalt oberoende av varandra. Anslutningsfog görs genom att ett elastiskt och beständigt fogmellanlägg (t ex 10 mm asfaboard) läggs i fogen.

Där punktlaster förväntas nära en anslutningsfog bör kantförstyvning utgöras.

Sker utläggningen över mer än en dag anordnas dygnsfogar. Dessa utförs normalt genom direkt motgjutning mot en horisontell hårdnad vältbetong.

VAL AV UTLÄGGARE

Normalt sker utläggning med s k asfaltutläggare. Valet av utläggare är en viktig del av förberelserna och styrs av:

* ytjämnhetskrav
* beläggningens tjocklek
* tillgången på utläggare

Utläggarens packningsverkan bestämmer tillsammans med tjockleken den färdiga ytans jämnhet.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Den utläggare som skall användas skall kunna lägga ut den tjocklek man vill ha. Överhöjningen är 20-25 % för en normal utläggare och 5-10 % för s k högpackande utläggare.

Både band- och hjulgående utläggare används för váltbetong. Dessa två huvudtyper har någon av nedanstående typer av skrider.

Typer av skridar:

Normala:

* Stampande
* Vibrerande
* Kombinerade

Högpackande.

Utläggning i gruvor sker även med hyvel.

VAL AV VÄLT

För packning av váltbetong rekommenderas medeltunga vibrationsváltar med en linjelast på 15-30 kN/m. Valet av vält kan göras med hjälp av denna tabell..

Packnings-redskap	Rekommenderat minsta antal vibrerande överfarter	Största lager-tjocklek (mm) efter packning[a]
Vibratorplatta		
– 100 kg (LF30, CM13 el likv.)	4	50
– 200 kg (LG20, LG150/200 el likv.)	4	100
– 400 kg (CM21, LG40, LG400 el likv.)	4	150
Vibrerande envalsvält		
– 6 ton, 15kN/m (CA 15 el likv.)	6	150
– 10 ton, 25kN/m (CA25 el. likv.)	6	250
Vibrerande tandemvält[b]		
– 1,5 ton, 10kN/m (CG11, LR90, LR100 el likv.)	6	100
– 2,5 ton, 10kN/m (CC10, CC14 el likv.)	4	100
– 6 ton, 20kN/m (CC21, el. likv.)	6	150
– 10 ton, 30kN/m (CC41/42 el. likv.)	6	250

[a] Vid andra laster än i tabellen angivna bestäms största lager-tjockleken genom interpolering.
[b] Med vibrering på bägge valsarna.

Val av vält och rekommenderat minsta antal vibrerande váltöverfarter.

ÖVRIG UTRUSTNING

Annan utrustning som måste finnas på plats är material för efterbehandling, frontlastare och/eller sågutrustning.

UTLÄGGNING

Váltbetong läggs nästan uteslutande med konventionell asfaltutläggare. Hyvel används främst i gruvor.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

VÄLTNING

Vältningsarbetet för váltbetong följer i princip normalt váltmönster.

Fullgod packning (97 %) är avgörande för slutkvalitén.

All hantering, packning och efterbehandling bör vara utförd inom 1,5 timme efter det att vatten är tillsatt blandningen, och absolut inom 2 timmar, eftersom cementen annars börjar reagera.

EFTERBEHANDLING - HÄRDNING

Den färdiga överytans egenskaper är beroende av effektiv härdning. Följande åtgärder är aktuella:

* täckning med våta material, t ex blöt geotextil
* täckning med folie, t ex plastfolie
* täckning med asfaltlösning.

Det är viktigt att efterbehandlingen sker snarast möjligt, helst redan efter 1,5 timme, och absolut inom 2 timmar efter blandningen.

SLUTORD

Váltbetong är en utmärkt problemlösare där man har behov av en stark yta som tål stort slitage, och som inte påverkas av t ex oljespill. Materialet är ekonomiskt både ur produktions- och förvaltningssynpunkt.

Det krävs dock planering och nära kontakt mellan betongfabrik och arbetsplats för att nå fullgott resultat, vilket är beroende av flera faktorer.

En förutsättning för ett bra resultat är att váltbetongen:

1. **Skyddas mot uttorkning i tidigt skede.**
2. **Packas ordentligt - minst 97 % packningsgrad.**
3. **Skall vara packad och efterbehandlad 1,5 timme och absolut senast 2 timmar efter tillverkning.**