

Arlanda, förlängning av bana 3

Förslag till utformning av däck samt grundläggning

Uppdrag

Uppdraget att ta fram förslaget har erhållits av Vectura

Bakgrund

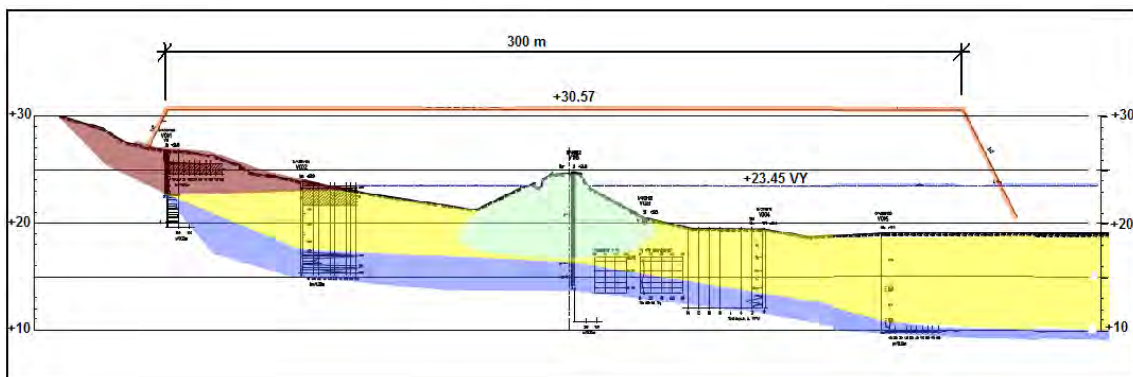
Bana 3 på Arlanda flygplats ska förlängas ca 1200 m norrut. Bredden är ca 300 m. En del av förlängningen hamnar över Halmsjön, där mäktiga lager gyttja och lös lera överlagrar åsmaterial i form av sand och grus. En fråga är därför hur förlängningen ska grundläggas.

Generellt

Konstruktionerna dimensioneras för en viss livslängd (som ska omfatta ett visst antal trafikrörelser). Kostnaden för förlängningen omfattar dels en byggkostnad, dels kostnader för underhåll och drift under livslängden. Konstruktionerna ska generellt sett utformas så att den sammanlagda kostnaden anläggning, underhåll och drift blir så låg som möjligt.

Det är därför inte givet att den metodik som medför lägsta byggkostnad också innebär lägsta sammanlagda kostnad.

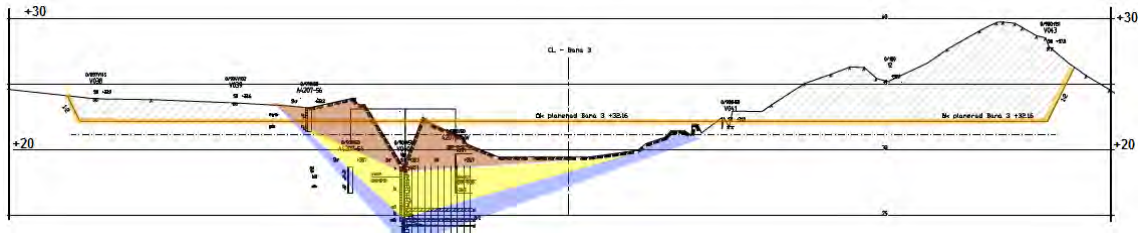
Grundförhållanden



Tvärsektion 0/400

Grundförhållandena inom området för förlängningen varierar. Över sjöområdet ligger profilplanet mellan 10 till 20 m över nivån för fast botten, se figuren 0/400. Vattendjupet i sjön är ca 5m under botten finns upp till ca 10 m gyttja och lös lera. Den geotekniska undersökningen har utförts av Vectura.

Vissa delar av förlängningen kommer att omfatta skärning och bergsprängning, se figuren nedan, sektion 0/900



Sektion 0/900

Det är således fråga om starkt varierande grundförhållanden inom området för den planerade förlängningen av bana 3.

Alternativ för grundläggning

1. Urgrävning av löst material, återfyllning av bärkraftiga massor (som packas)
2. Nedpressning av sprängstensbank
3. Påldäck av typ betongbjälklag på pålar
4. Underliggande fackverk + däck, fackverk grundläggs på pålar
5. Jordförstärkning, t ex KC-pelare

Ovan listas de alternativ för grundläggning som principiellt studerats. Varje alternativ har för- och nackdelar, olika byggtid, byggkostnad samt olika kostnader för drift och underhåll.

Där grundläggning på mark ska utföras kan antas att terrass och överbyggnad omfattar ca 1.5 m. Beläggning ca 25 cm.

Utskiftning är det alternativ som är säkrast och ger minsta kostnaderna för drift och underhåll. Livslängden blir lång, liksom den är för andra anslutande trafikerade ytor.

Nedpressning avråds från, dels med tanke på risker för personal och maskiner vid utförandet, dels att återkommande uppfyllnader kan erfordras, dels att det torde bli svårt att med tillräcklig säkerhet verifiera stabiliteten för konstruktionen.

Påldäck och liknande konstruktioner har begränsad livslängd och kräver inspektion och troligen underhåll. Anslutningsproblem mot markgrundlagda partier.

Grundförstärkning, t ex KC. Kan vara svår att genomföra i lösa, organiska jordlager, för de stora uppfyllnader som är aktuella.

Förordat alternativ

Där mindre djup, ca max 4 m, löst material förekommer bedöms urgrävning och återfyllning med krossat berg som packas vara det bästa alternativet.

Utgrävning till större djup bedöms generera alltför stora schaktvolymmer. Mängden schakt som kan deponeras kan medföra att schaktning till 4 m inte kan utföras i full utsträckning. Vissa föroreningar förekommer i marken, vilket också kan begränsa omfattningen av den utskiftning schakt/fyllning som kan ske.

Nedan redovisas ett förordat alternativ utformning av banförlängningen där djupet till fast botten är relativt stort, större än 4 m, exempelvis sektion 0/400, se figuren ovan. Det förordade förslaget innebär utförande av pålgrupper som bär upp fackverksbalkar och betongdäck. Först redogörs dock för dimensionerande belastningar för konstruktionerna.

Dimensionerande belastningar

Förutsatt dimensionerande belastning är den som motsvarar en flygplan av typ A380-800F.



Flygplanstyp som antas vara dimensionerande, Airbus 380, vikt 600 ton. Notera utformningen av landningsstället – Huvudstället är placerat kring flygplanets tyngdpunkt. Därtill finns noshjul. Landning sker alltid så att huvudstället möter landningsbanan först.

På huvudstället ligger ca 95 % av flygplanets tyngd. Den största lasten uppkommer då flygplanet fullt lastat och tankat kör ut på banan för att starta.

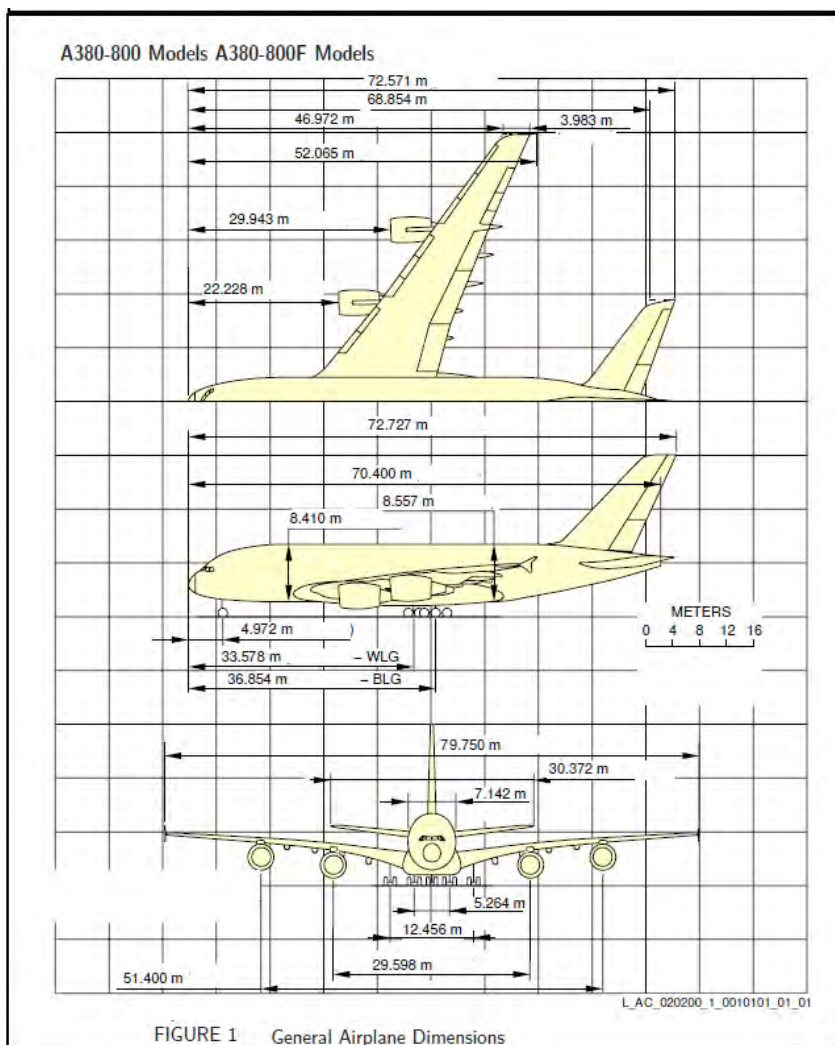


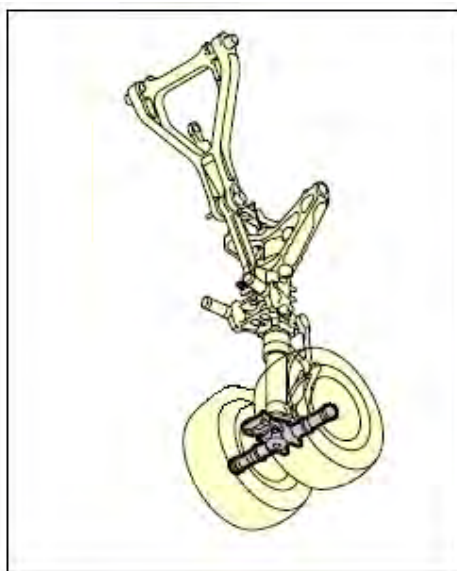
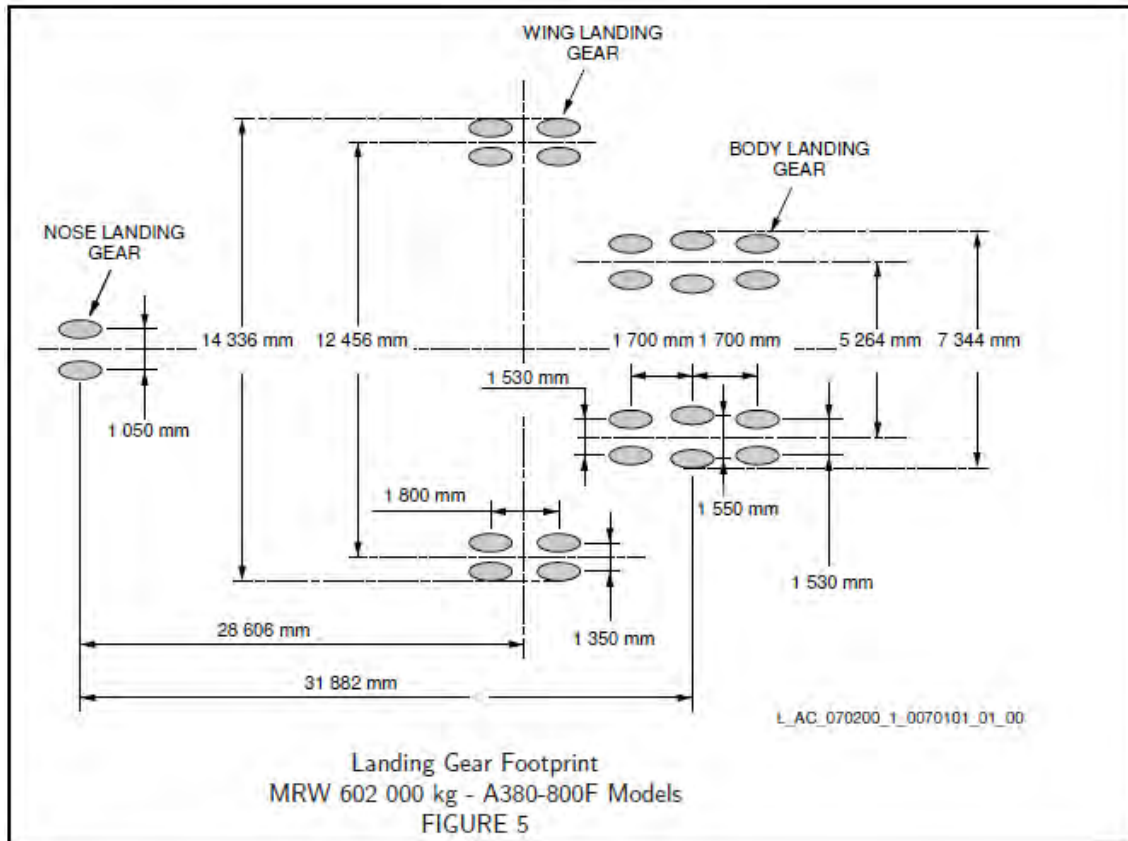
FIGURE 1 General Airplane Dimensions

Som framgår av figuren är spännvidden ca 80 m och längden ca 73 m. Tyngden av flygplanet på banan kan uppgå till 592 ton. Max tyngd vid landning 427 ton.

The following table provides characteristics of A380-800F Models:


Airplane Model	Aircraft Characteristics	
	A380-843F	A380-863F
Engines	TRENT 977	GP 7277
Maximum Design Ramp Weight (MRW)	592 000 kg	592 000 kg (1 305 136 lb)
Maximum Design Take Off Weight (MTOW)	590 000 kg	590 000 kg (1 300 727 lb)
Maximum Design Landing Weight (MLW)	427 000 kg	427 000 kg (941 374 lb)
Maximum Design Zero Fuel Weight (MZFW)	402 000 kg	402 000 kg (886 258 lb)
Operating Empty Weight (OEW) - Typical	250 560 kg	250 826 kg (552 976 lb)
Maximum Payload	151 440 kg	151 174 kg (333 281 lb)

Landningsstället består av noshjul, vinghjul och flygkroppshjul, fritt översatt.



Varje stödpunkt i figuren "footprint" består av ett hjulpar, som visas i figuren ovan.

Body Landing Gear består alltså av $2 \times 6 \times 2 = 24$ hjul. Wing Landing Gear består av $2 \times 4 \times 2 = 16$ hjul. Tillsammans bildar dessa Main Landing Gear, som alltså består av $24 + 16 = 40$ hjul. På dessa vilar ca 95 % av flygplanets tyngd ca 600 ton.

	
AIRPLANE CHARACTERISTICS	
**ON A/C A380-800F Models	
MAXIMUM RAMP WEIGHT	602 000 kg
PERCENTAGE OF WEIGHT ON MAIN GEAR GROUP	See Section 7-4-1 Figure; Landing Gear Loading on Pavement – MRW 602 000 kg – A380-800F Models
NOSE GEAR TIRE SIZE	50 x 20R22 34PR
NOSE GEAR TIRE PRESSURE	14.9 bar
WING GEAR TIRE SIZE	1400 x 530R23 42PR
WING GEAR TIRE PRESSURE	16.1 bar
BODY GEAR TIRE SIZE	1400 x 530R23 42PR
BODY GEAR TIRE PRESSURE	16.1 bar

Hjulen har diametern 1.4 m och bredden 0.53 m.

Belastningen på respektive del av landningsstället varierar med situationen. Maximum Take Off Weight (MTOW) anges i diagram till 600 ton (MRW=Maximum Ramp Weight 602 ton, en del drivmedel går åt för att taxa ...). Dessa värden är något högre än värdena i bilden ovan.

Maximum Landing Weight (MLW) anges till 427 ton. Även då belastas Main Landing Gear (vinghjul och flyghjul) till 95 % av tyngden av flygplanet.

Man kan alltså vänta sig att hjullasten är maximalt $0.95 \cdot 602 / 40 = 14.3$ ton. Med lufttrycket 16.1 ton/m² motsvarar detta ytan $14300 / 16.1 = 888$ cm². Detta motsvarar en rektangel med måtten 30x30cm.

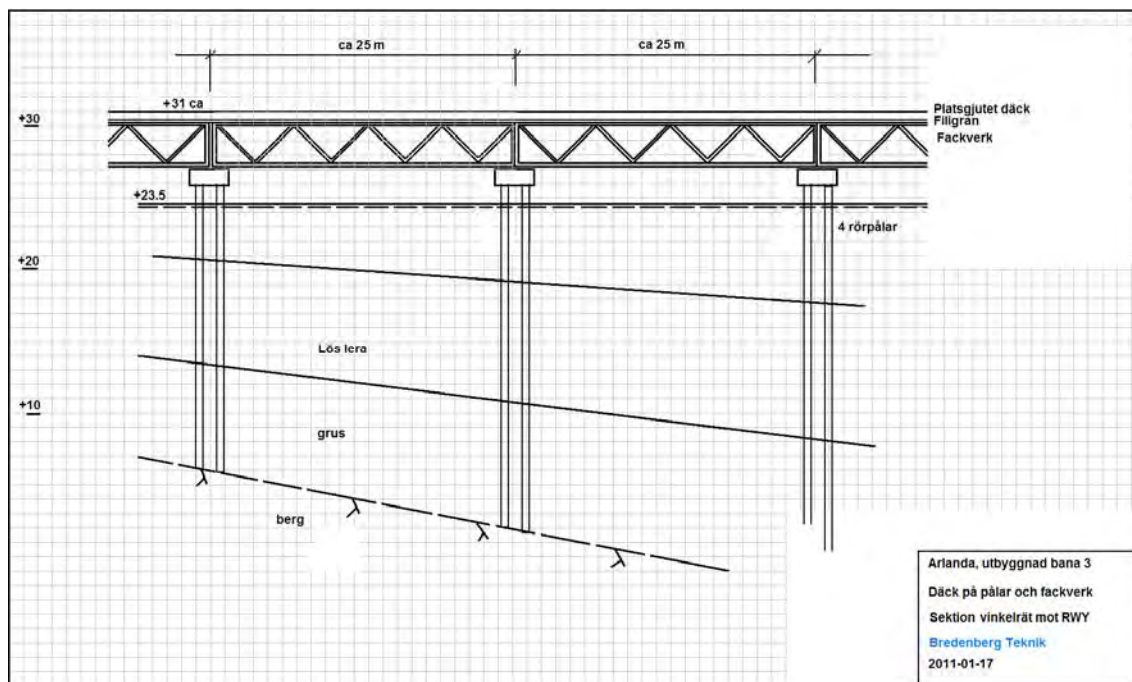
Storleken av tryckytan och trycket används jämte underlagets styvhet för att beräkna tjockleken av beläggningen.

Pålgrupper som bär upp fackverksbalkar och betongdäck

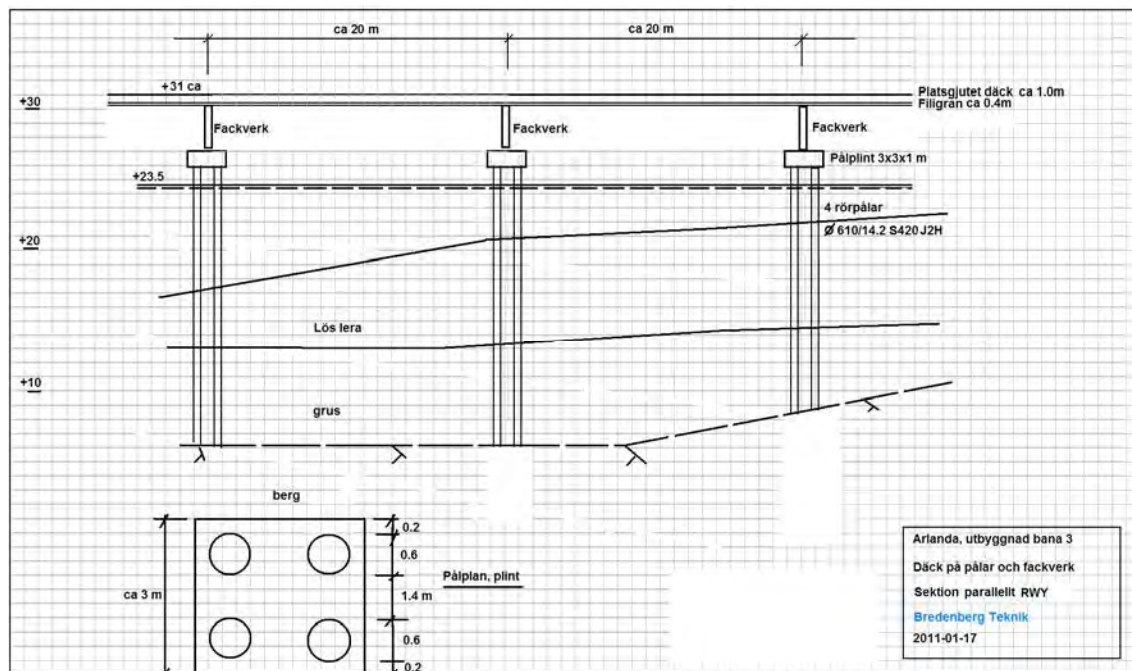
Det förslag som förordas innebär, på de ställen utskiftning eller annan grundläggning av banförlängningen på mark inte kan ske, att ett pålgrundlagt betongdäck utförs. Eftersom grundläggningen i och med stort djup till fast botten blir förhållandevis dyrbar så är det önskvärt att ha en så lätt konstruktion som möjligt. Detta uppnås

genom att utnyttja den stora tillgängliga konstruktionshöjden för fackverk mellan grundläggningarna, och att ett betongdäck byggs på fackverken.

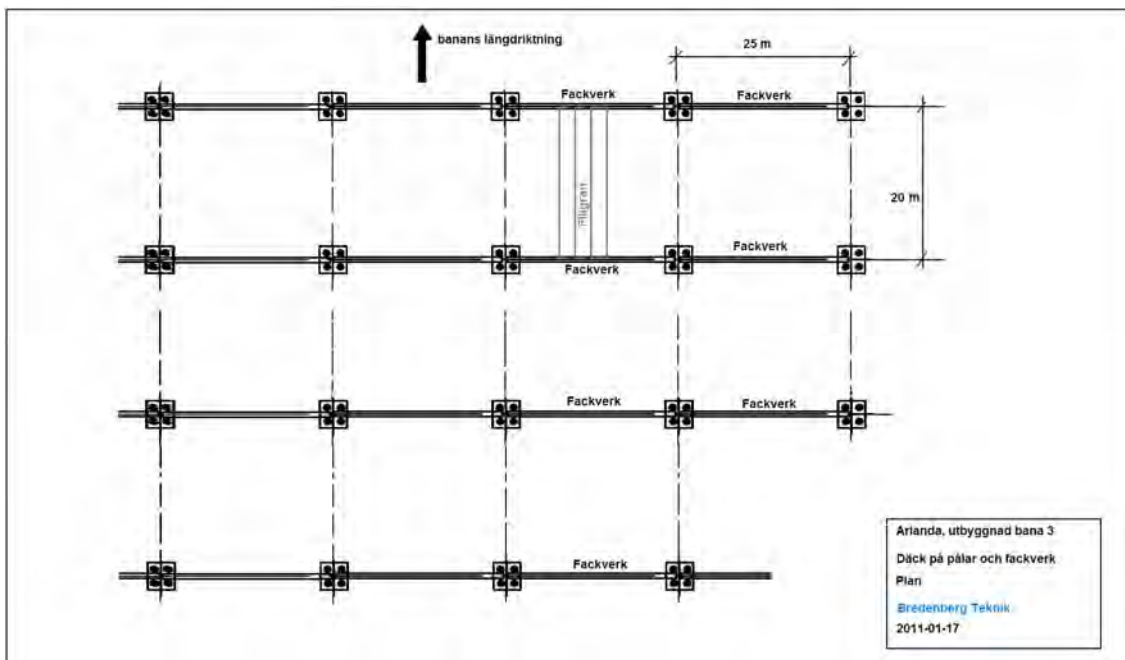
Principerna för detta förslag visas i figurer nedan.



Sektion av däck, vinkelrät mot banans längdriktning (tvärsnitt)



Sektion av däck, parallellt banans längdriktning (längdsektion)



Plan av däck, placering av pälår, fackverk och filigranelement

<p>Däck: Antag L/d = 30 = 25/30 = 0.85 m</p> <p>Filigran = 35 cm Däck = 50 cm</p> <p>Tyngd = 0.85*2.5 = 2.1 ton/m²</p> <p>Pållast egentyngd däck = 2.1*25*2 = 1328 ton Pålplint = 4*4*1*2.5 = 40 ton Fackverk = 0.5* 20 = 10 ton</p> <hr/> <p>Summa egenvikt = 1378 ton Per påle, egentyngd = 1378/4 = 345 ton</p> <p>Last av flygplan = 572 ton Per påle av flygplan = 572/4 = 143 ton</p> <p>Summa pållast = 345+143 = 488 ton approx. 500 ton /påle</p> <p>Filigran: Egentyngd = 0.35*2.5 = 0.875 ton/m² M = 0.875*25*2/8 = 68 tonm/m T = 0.875*25/2 = 11 ton/m</p> <p>Gjutlast = 0.5*2.5 = 1.25 ton/m M = 1.25*25*2/8 = 98 tonm/m T = 1.25*25/2 = 16 ton/m</p> <p>Summa M = 68+98 = 166 tonm/m Summa T = 11+16 = 27 ton/m</p> <p>Inverkan av flygplan Fördela på en 10 m bred remsa (vinkelrät RWY) M = F*25/4*10 = 572*25/4*10 = 358 tonm/m T = 572/2/10 = 29 ton/m</p> <p>Dim last däck M = 166*358 = 524 tonm/m T = 27*29 = 56 ton/m</p>	<p>Max last fackverk</p> <p>q av egentyngd däck = 25*0.85*2.5 = 53 ton/m q av egentyngd fackverk = 1 ton/m</p> <p>summa = 54 ton/m</p> <p>Av flygplan ca 572/25 = 23 ton/m</p> <p>summa last = 77 ton/m</p> <p>Fackverkets höjd = 3.0 m Drag/tryckkraft i ramstänger = 77/3 = 26 ton fyd = 2 ton/cm² ger A=26/2 = 13 cm² VKR 200*200*10 ger 4*20*1 = 80 cm² > 13</p> <p>0.85 m z = 0.9*0.8 = 0.72 m fsd = 550*1.1 = 500 MPa Dragkraft i armering = 524/0.72 = 727 ton/m Aa = 727/5 = 145 cm²/m 32 mm stänger har 8 cm² 145/8 = 18 per meter Två lager c=100 i varje Tvärkraft- fr = 56/0.85 = 65 ton/m²</p> <p>Minska spännvidd till 20 m mellan fackverk Öka tjockleken till 1.0 m *10.85 = 1.18</p> <p>M = 524*400/625 = 335*1.18 = 395 tonm/m T = 56*20/25 = 45*1.18 = 47 ton/m</p> <p>z=0.9 m D=395/5 = 79 cm²/m ø32 c100</p> <p>Beräkningsprogram tyder dock på h=1400 mm</p> <p>Prova filigran H = 400 mm och däck 1000 mm</p>	<p>Pälår</p> <p>Stoppstå till 2*500=1000 ton Kräver area = 1000/4 = 250 cm² Det får man med O610/14.2 A = 266 cm² g = 209 kg/m avrostning 4 mm ger gods = 10 mm A = 189 cm² stål Istål = 85000 cm⁴ Abtg = 2657 cm² Ibtg = 561653 cm⁴ Fmax = 189*3 + 2657*0.2 = 1098 ton</p> <p>knäckning Fri längd i vatten + luft = 12 m I = 85000 + 561653/15 = 122443 cm⁴ EI = 2.1*122443/10 = 25713 tonm²</p> <p>Djup till inspänning under botten $1.4 \sqrt[4]{25713/50} = 5$ m</p> <p>Knäcklängd Lk = 0.8*(12+5) = 13.5 m Knäcklast = 10*25713/(13.5*13.5) = 1410 ton</p> <p>Säkerhetsfaktor = 1410/500 = 2.8, o k</p>
---	---	---

Bergsko enligt standard
4 pälår per plint

Arlanda, utbyggnad bana 3
Däck på pälår och fackverk
Dimensionsuppsättning
Bredenberg Teknik
2011-01-17

Uppskattning av dimensioner

Arbetsutförande

1. Slå pålar, flytetyg i vattenområdet
2. Gjut påplintar
3. Montera fackverk (lyft upp från flytetyg)
4. Montera filigranplattor (lyft upp från flytetyg)
5. Gjut däck

Kommentarer till föreslaget utförande

Med den förutsatta utformningen av däckets minimeras behov av höga kranar, vilket är ett önskemål, och kan fackverken och en del av däckets tillverkas på annan plats, så att tiden för arbetena på platsen, och därmed motsvarande störande omgivningspåverkan, minimeras.

Genom att orientera fackverken vinkelrät mot banans längdriktning så kan vägen som idag passerar området överdäckas. Fritt mått mellan fackverken kan vara ca 20 m, vilket räcker för vägområdet.

Bergläget ska bestämmas för säkrare uppskattning av pållängder.

Filigranelement kan vara lämpliga att förspänna ganska hårt.

Olika spännvidder ska undersökas för att nå en tids- och kostnadsmässigt optimal konstruktion.

Fackverken ska korrosionsskyddas med för att klara den livslängd som ska förutsättas. Fackverken kan inspekteras under hela sin funktionstid.

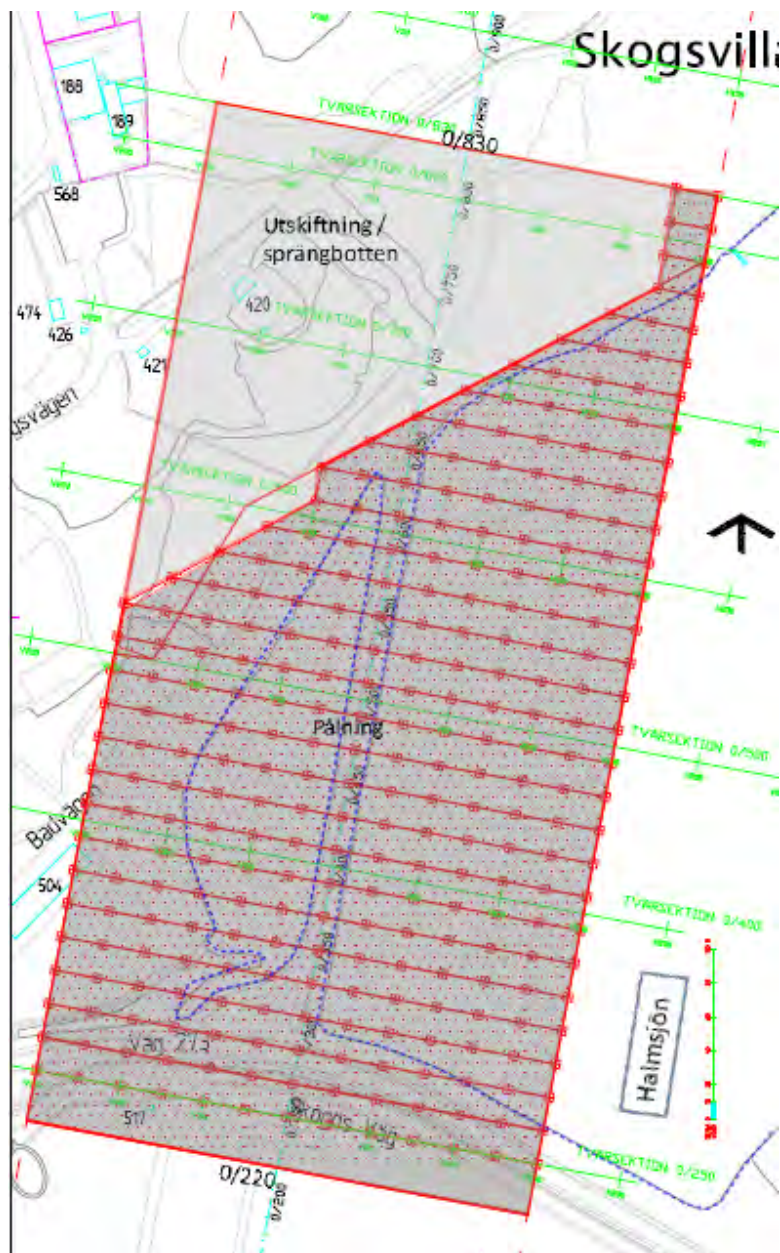
Antagen säkerhetsklass är säkerhetsklass 2.

De redovisade belastningarna som genereras av A380-800F är mycket stora och koncentrerade. På en relativt liten yta är tyngden ca 600 ton. Det finns 40 hjul tätt placerade. Varje hjul motsvarar kraften ca 14 ton. Det måste kollas att beläggning och underbyggnad kan ta upp lasterna även kan tas upp vid sidan av däckets. Packningen och materialet (E-modulen) för lagret under beläggningen avgör vilken tjocklek som krävs.

Omfattning av däck av visad utformning

Den föreslagna utformningen av däck behöver inte utföras för hela den aktuella förlängningen av bana 3. En del av förlängningen kommer att kunna utföras på avsprängda ytor, eller packad fyllning. Inom vissa ytor kan pådäck av konventionell utformning utföras, d v s en armerad betongplatta grundlagd på stödpålar.

Det område där däck ska utföras med den ovan skisserade utformningen, med däck upplagt på fackverk, visas på figuren nedan.



Omfattning av föreslaget däck på fackverk

Byggtider

Sammanlagt krävs ca 1220 pålar.

Arbetet kan bedrivas på så sätt att så snart pålning är klar för ett stöd så påbörjas gjutning av pålplint. Då närliggande pålplintar är klara så monteras fackverken. Då närliggande fackverk är klara så monteras filigranelement. Då filigranelement är monterade så kan gjutning av däck utföras.

Tempot med vilket pålning kan utföras blir således bestämmande för byggtiden, under förutsättning att resurser skapas för att montera fackverk och filigran samt gjuta däck med motsvarande hastighet. Preliminärt kommer vi fram till att detta motsvarar 5 pålmaskiner, men en noggrannare analys kan medföra en justering av antal maskiner som är det optimala.

Man bör räkna med att tiden för leverans av pålrör kan uppgå till minst ca 3 månader. Tiden från beställning till leverans av fackverk kan uppskattas till minst ca 5 månader.

Höjder för arbetsmaskiner

Pålkranarna är ca 25 m höga. Övriga arbeten kan utföras från flytetyg med lyftdon av typ saxliftar, d v s inga höga maskiner krävs, vilket är fördelaktigt med tanke på att bana 3 (bana 01R – 19L) ska kunna trafikeras under arbetstiden.

Omgivningspåverkan

Pålarna är av typen deplacerande pålar, d v s den volym pålarna representerar trängs åt sidan och uppåt av pålarna. Volymen pålar i jord motsvarar ca 6500 m³. Motsvarande höjning av Halmsjöns botten motsvarar ca $0.3 \cdot 6500 = 1950$ m³. Fördelat på ytan 131750 m² motsvarar detta höjningen $1950/131750 = 0,0148$ m, alltså ca 2 cm, vilket knappast kan ha någon praktisk betydelse.

Med den valda metoden påverkas inte grundvattenytan. Vidare tas inga jordmassor upp till ytan. Detta är fördelaktigt ut miljömässig synpunkt.

Pålningens arbetet innebär relativt kraftigt buller. Bullernivån invid pålningsmaskinerna är ca 130 dB. Det är därför önskvärt att minimera tiden för pålningen..

Vägområden under däck

Det är ett önskemål att om möjligt minska däckets tjocklek över de vägar som ska passera under däck, för att undvika sänkning av vägprofilen. Vägbanorna kan vid en sänkning komma för nära vattennivån i Halmsjön.

Vägområden som ska passera under däck utgörs dels av nuvarande väg 273, en GC-väg samt en serviceväg för flygplatsens funktioner. Dessa vägområden kan placeras inom varsin fackverksöppning. Spännvidden för dessa öppningar minskas så mycket som möjligt, så att däckets tjocklek kan minskas över vägområdena.

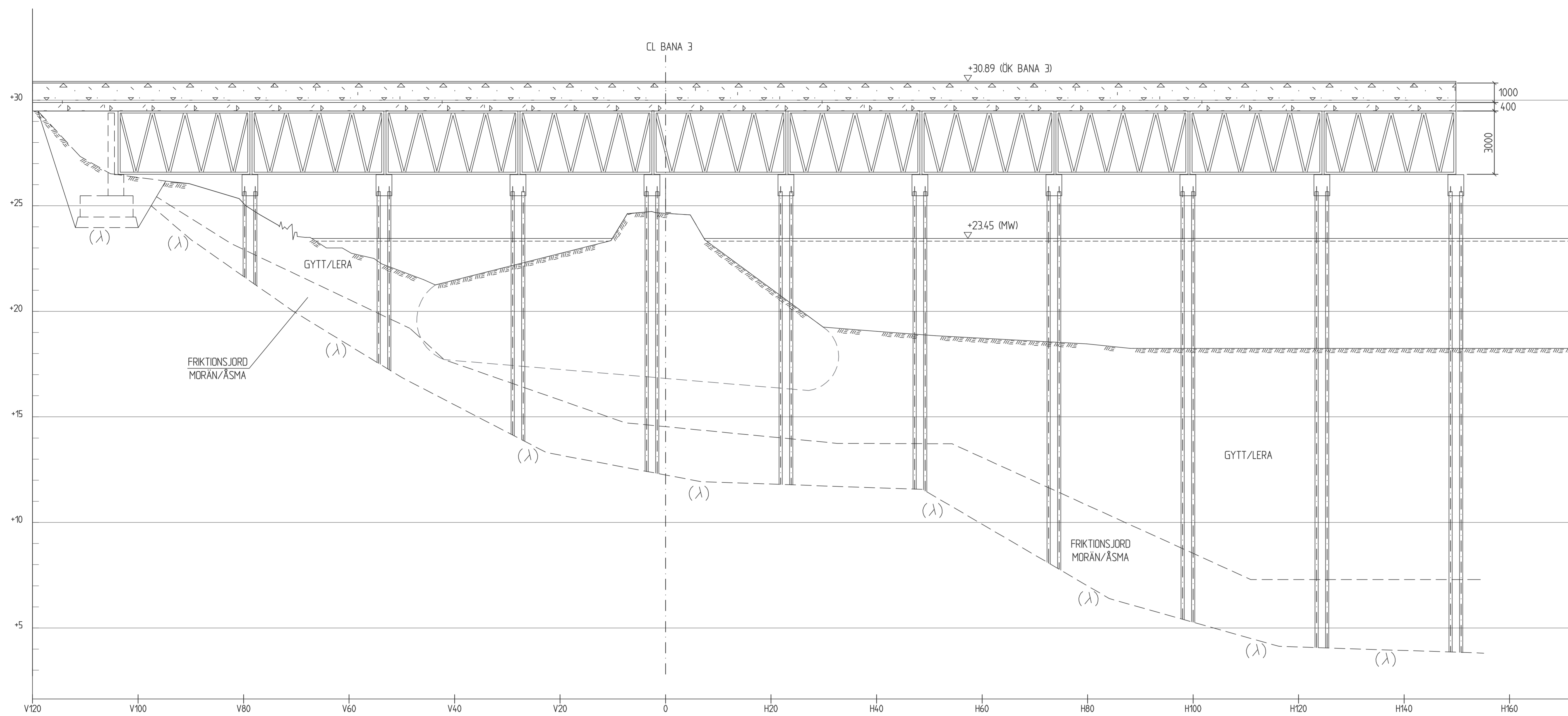
Däckets utformning vid vägpasager utformas så att ändringar och inverkan på väg 273 minimeras.

2011 – 02 - 28

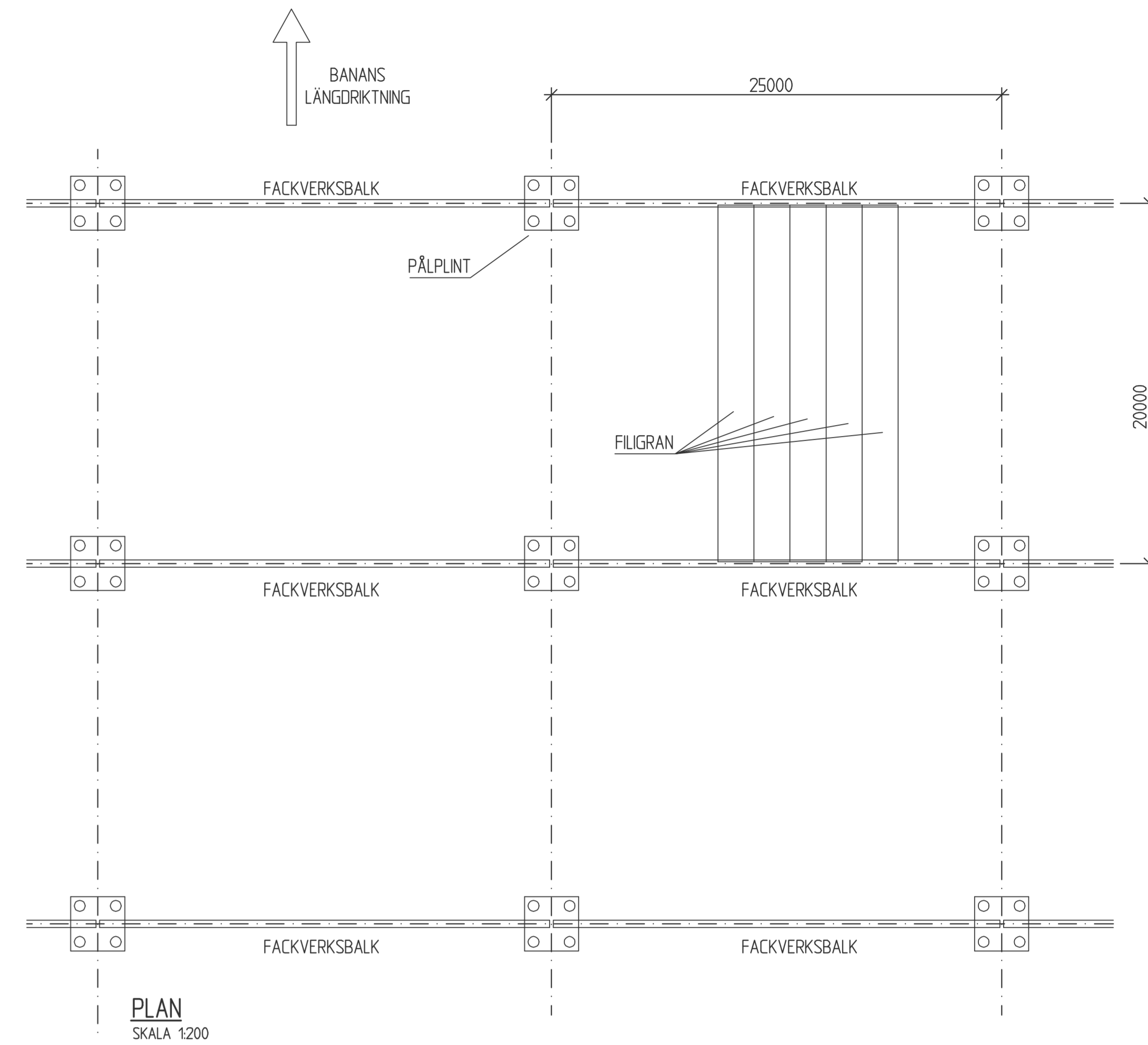
Bredenberg Teknik

Håkan Bredenberg

Bilaga 1: Ritning Vectura, principer för utformning och grundläggning av däck.

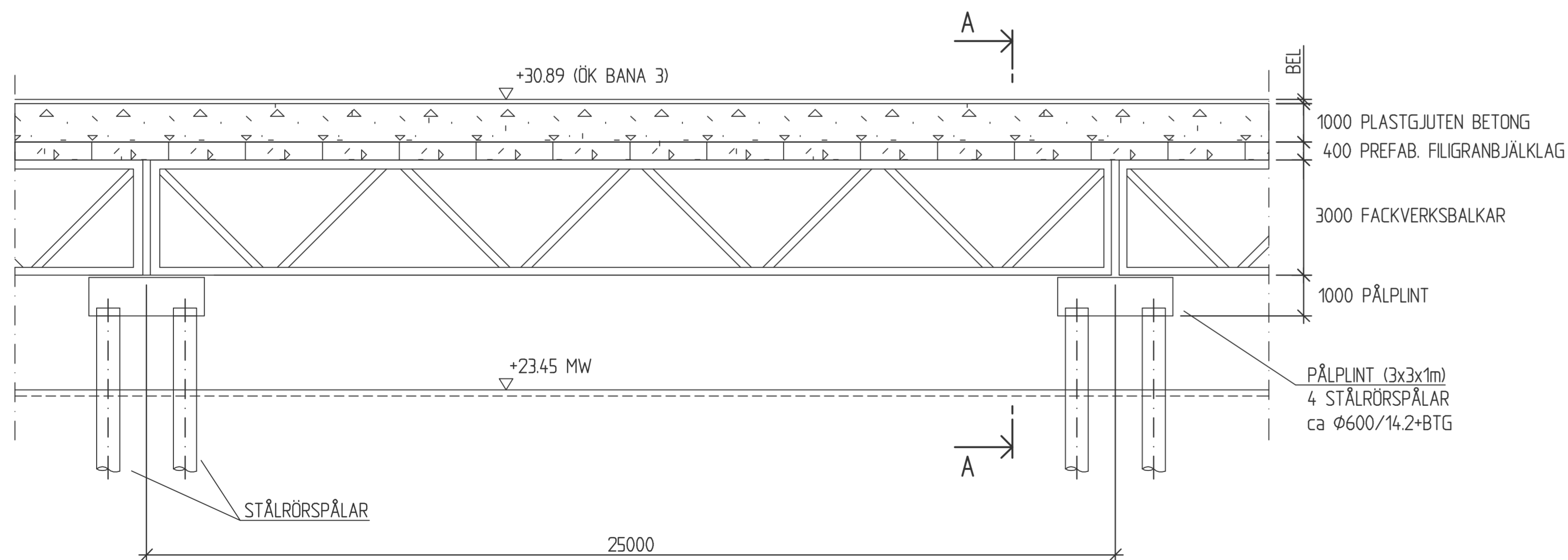


TVÄRSEKTION 0/500
H 1:100 L 1:400

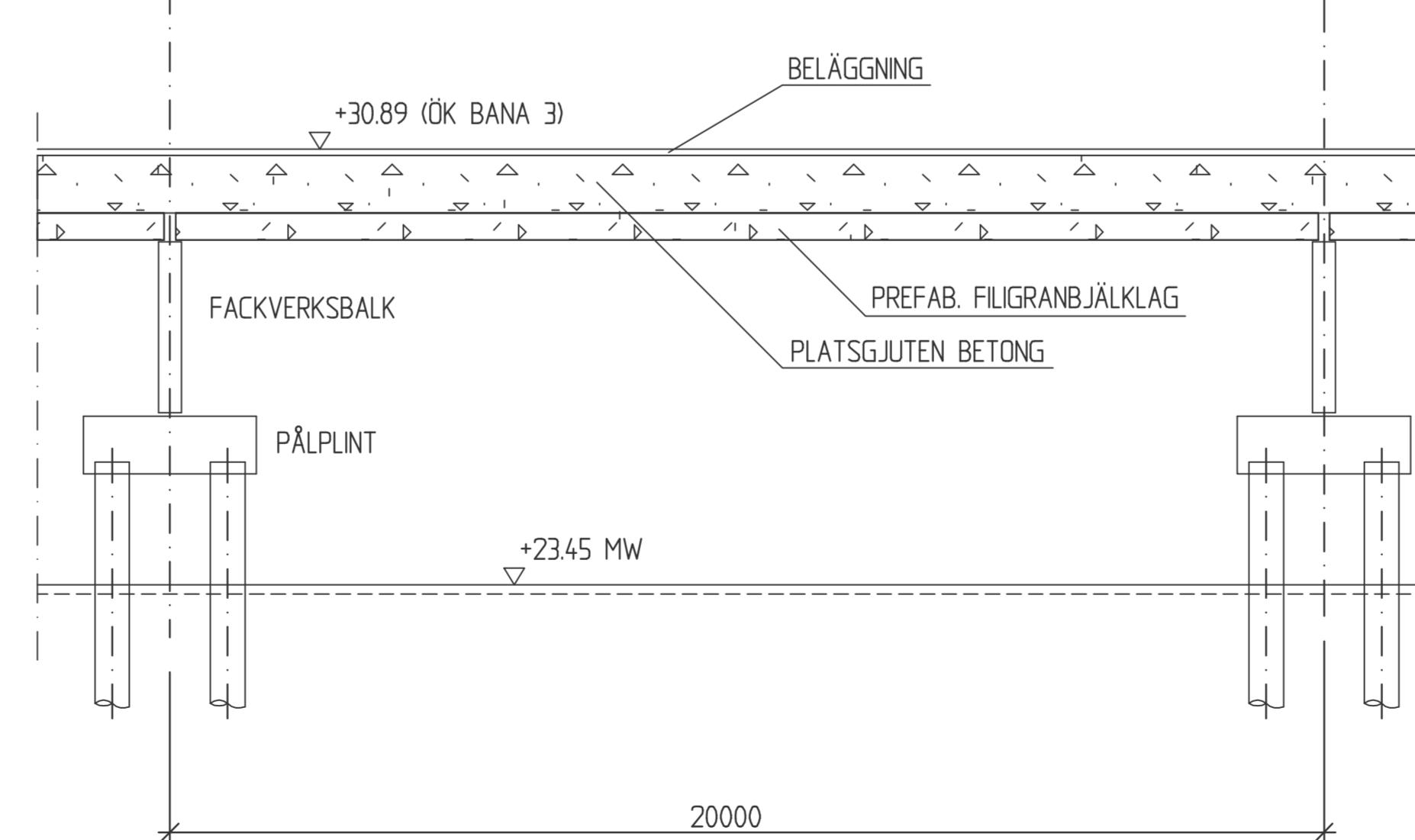


PLAN
SKALA 1:200

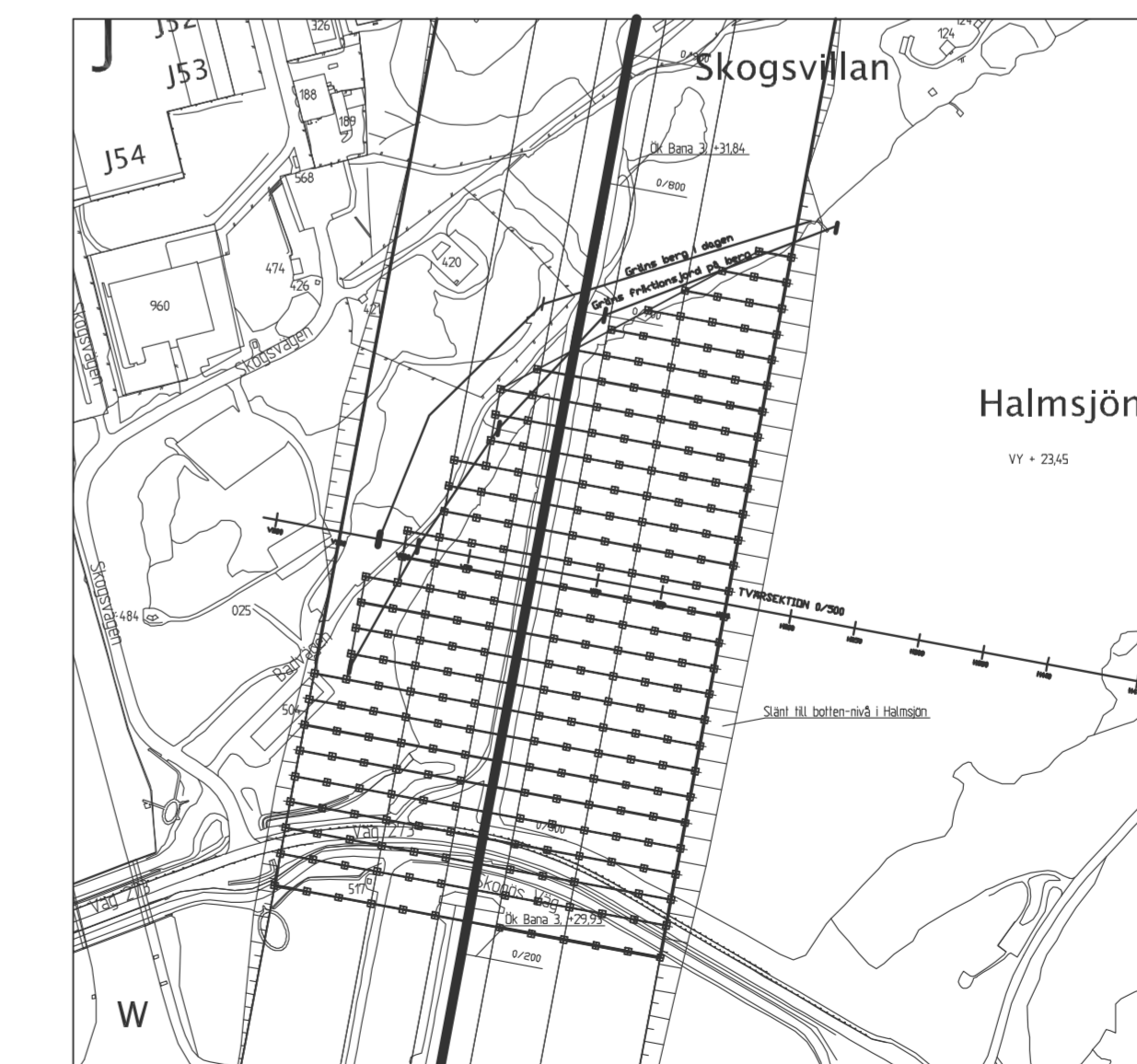
ANGIVNA DIMENSIONER ÄR PRELIMINÄRA
OCH VERIFIERAS VID KOMMANDE DIMENSIONERING



DETALJ FACKVERKSDÄCK
SKALA 1:100



SEKTION A-A
SKALA 1:100



ÖVERSIKTSPLAN

REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	GODK	DATUM	VV DATUM	VV DIARENUMMER
XXXX						
ARBETSMATERIAL						
ARLANDA BANA 3						
BILAGA 1						
ALTERNATIV 3						
BETONGPLATTA PÅ STÅLFACKVERK.						
TYPRITNING FACKVERKSDÄCK						
UPPDRAGSANSVARIG F CLIFFORD	UPPDRAGSNUMMER 104486					
UTSEENDE A FRIDHOLM	LOPPNUMMER XXXX	PROJEKT 2011-02-03	SKALA A1F	STAV H:1:100	L:1:4.00	REV
VÄSTERÅS GODKÄND AV XXXX	OBJEKT NR 100 K 00 03					