



**SVENSKA
SKIDFÖRBUNDET®**
SWEDISH SKI ASSOCIATION



SVENSK LÄNGDSKIDÅKNINGS

KRAVPROFIL

En guide för att förbereda längdskidåkare mot världstoppen



Innehåll

1. Inledning.....	4
2. Ordlista	6
3. Den internationella längdskidåkningens historiska utveckling	8
4. Tävlingsregler	10
FIS-kod och FIS-punkter.....	10
Homologisering.....	10
Banprofiler	12
Tävlingens omgivande faktorer.....	12
5. Tävlingsformer, -program och -distanser	14
Internationella seniormästerskapsdistanser	14
Världscupprogrammet	16
Etapplopp.....	16
Stadssprint	16
Junior-VM programmet	18
Tävlingsfrekvens och anpassningar.....	19
6. Fysiologiska krav.....	20
Uthållighet.....	20
VO ₂ max	21
Nyttjandegrad och anaerob tröskel	25
Arbetsekonomi och mekanisk verkningsgrad	27
Anaerob kapacitet.....	28
Samspelet mellan aeroba och anaeroba energiprocesser.....	29
Fälttester.....	30
7. Prestationsanalys och farthållningsstrategier.....	34
VM/OS 2014–2022.....	34
JVM 2014–2022	35
Hastighetsskillnader mellan tävlingsformer och tävlingsklasser	36
Resultatprofil för framgångsrika distans- respektive sprintåkare.....	37
Farthållningsstrategier	38
Hur kan den aktive tänka vid olika tävlingssituationer?	39
Hur kan den aktive träna upp en effektiv farthållningsstrategi?	39
8. Träningsinnehåll	40
Erfarenheter från svenska längdskidåkare	45
Sammanfattande diskussion	48
9. Vad händer i framtiden?.....	50
Klimatförändringar.....	50
Vallning och utrustning	51
Innovation och teknik	52
Träningsoptimering.....	54
Jämställdhet	54
Sammanfattning.....	55
10. Lästips och stödmaterial	56
11. Referenser.....	57

SVENSKA SKIDFÖRBUNDET, 2023

Titel:

Svensk längdskidåknings kravprofil – En guide för att förbereda längdskidåkare mot världstoppen.

Huvudförfattare:

Anders Strid och Lars Selin, Svenska Skidförbundets utvecklingsgrupp inom längdskidåkning.

Medförfattare:

Erik Andersson, Docent Idrottsvetenskap Mittuniversitetet – *Fysiologiska krav och Farthållningsstrategier.*
Glenn Björklund, Docent Idrottsvetenskap Mittuniversitetet – *Ordlista, Prestationsanalys och Träningsinnehåll.*
Hermod Bjørkestøl, Homologation inspector FIS – *Tävlingsregler.*
Jonas Braam, anläggningskonsulent Svenska Skidförbundet – *Tävlingsregler.*
Arthur Forsberg, hedersdoktor GIH Stockholm – *Den internationella längdskidåkningens historiska utveckling.*
Martina Höök, Doktorand Hälsövetenskap Mittuniversitetet – *Inledning och Vad händer i framtiden?*
Robin Isbring, Längdkonsulent Svenska Skidförbundet – *Prestationsanalys och Träningsinnehåll.*
Marko Laaksonen, Docent Idrottsvetenskap Mittuniversitetet – *Fysiologiska krav.*
Kerry McGawley, Docent Idrottsvetenskap Mittuniversitetet – *Fysiologiska krav.*
Mattias Nilsson, Tränare Svenska Skidförbundet – *Prestationsanalys.*
Ludvig Remb, Tävlingskoordinator Svenska Skidförbundet – *Tävlingsregler.*
Christer Rosén, statistiker – *Tabeller och figurer.*
Mikael Swarén, PhD. Högskolan Dalarna – *Vad händer i framtiden?*

Grafisk produktion:

Brinner

Foto:

Bildbyrå, Shutterstock, Tina Stafrén (s.22), Svenska Skidförbundet m.fl.

1 Inledning

Svenska Skidförbundet har till uppgift att leda skid- och snowboardidrotter i Sverige på ett sådant sätt att de står i överensstämmelse med idrottsrörelsens verksamhetsidé, vision och värdegrund samt företräda dessa idrotter. Svenska Skidförbundets längdskidverksamhet består i huvudsak av nationell verksamhet, landslagsverksamhet samt en marknads- och kommunikationsavdelning. Viktiga arbetsuppgifter är att stödja, vägleda och utbilda all verksamhet inom svensk längdskidåkning som till exempel barn-, motionärs- och elitverksamhet. Detta för att nå Svenska Skidförbundets mission, att bli fler och bättre.

Syftet med kravprofilen är att tydliggöra vilka förmågor, kapaciteter och insatser som krävs för att nå internationell elit såväl som junior och som senior. Innehållet ska ligga till grund för utbildning av elitaktiva juniorer och seniorer samt deras tränare och ledare. Kravprofilen kan även fungera som en inspirationskälla och stöd för nämnda kategorier i samband med planering och utvärdering av träning, tester och resultat. Materialet är en uppdatering av tidigare kravprofil inom svensk längdskidåkning.

För att beskriva vilka faktorer som karakteriserar dagens elitskidåkning och framgångsrika aktiva fokuserar materialet på tävlingsresultat från internationella mästerskap för juniorer och seniorer samt världscup och annan relevant data. Världselit definieras i detta dokument som topp-15 i världen för juniorer och topp-30 i världen för seniorer. Innehållet baseras i första hand på tävlingar, tester och träningsdata från perioden 2014–2022.

Innehållet är baserat på vetenskapliga artiklar, laboratorietester, statistik från träning och tävling på elitnivå, erfarenheter samt enkätstudier. Kravprofilen har i huvudsak producerats av Svenska Skidförbundets utvecklingsgrupp inom längdskidor i samverkan med Nationellt Vintersportcentrum i Östersund. Materialet har granskats och korrekturläst av sakkunniga inom respektive område.

SAMMANFATTNING AV KAPITLENS INNEHÅLL OCH SYFTE:

1. Inledning – materialets bakgrund, syfte och innehåll.

2. Ordlista – begreppsförklaringar på ord som är återkommande i dokumentet.

3. Den internationella längdskidåkningens utveckling – Historisk tillbakablick som syftar till att skapa förståelse för längdskidåkningens utveckling över tid. Utveckling och förändring inom en idrott påverkar dess kravprofil. I längdskidåkning har medelhastigheten ökat markant under hela 1900-talet, men verkar ha planat ut sedan 2000-talet. Anledningen till att medelhastigheten har ökat är utveckling av material (exempelvis skidornas belag, förbättrade vallor och spårpreparering), förändring av tävlingsregler (exempelvis införande av skejt och homologisering av banor) samt förbättrade villkor att satsa på sin idrott (exempelvis ekonomi och träningsmiljö).

4. Tävlingsregler – beskrivning av längdskidåkningens internationella tävlingsregler som påverkar prestation, förberedelser och kravprofil. För att få så rättvisa tävlingsförutsättningar som möjligt har FIS homologiserat tävlingsbanor samt infört ett standardiserat rankingsystem (FIS-poäng). Det finns även gränsvärden för omgivande faktorer såsom temperatur och meter över havet (höjd).

5. Tävlingsformer, -program och -distanser – tävlingsformer och -distanser vid världscuptävlingar och internationella mästerskap för juniorer och seniorer. Inför världscupsäsongen 2022/2023 förändrades poängfördelningen. I den totala världscupen gynnar det aktiva som åker många tävlingar. Det är därmed fördelaktigt att ha en formkurva som är jämn och hög under hela säsongen för att nå en hög placering i de olika cuperna. Totaltiden för de olika tävlingsformerna ligger mellan 8–16 min (sprint) upp mot 130 min (masstart 50 km) för seniorer och upp mot 60 min (masstart 20 km) för juniorer. I kapitel sex till sju beskrivs egenskaper och förmågor som är betydelsefulla inom respektive tävlingsform. I kapitel åtta kan du läsa om träningsinnehåll kopplat till de olika egenskaperna och förmågorna.

6. Fysiologiska krav – sammanfattning av det aktuella forskningsläget kring längdskidåkningens fysiologiska krav. För att nå en hög nivå inom längdskidor krävs ett högt syreupptag, en hög anaerob kapacitet, en bra nyttjandegrad samt en god arbetsekonomi. Det är inte en enskild förmåga som avgör hur bra en längdskidåkare presterar. Kombinationen av de fyra förmågorna avgör i stor grad prestationen. Det är således individuellt hur en längdskidåkare hanterar en kuperad bana utifrån sina fysiologiska förutsättningar.

7. Prestationsanalys och farthållningsstrategier

– statistik kopplat till prestationsanalys mellan åren 2014–2022 samt beskrivning av farthållningsstrategier. För att nå en hög nivå inom längdskidåkning i såväl distans som sprint krävs en bred kapacitetsprofil med både uthållighets- och sprintegenskaper. Det gäller för både herr- och damåkare. Många av de bästa presterar på en hög nivå i såväl sprint- som distanstävlingar. För att ha en effektiv farthållningsstrategi krävs god anaerob förmåga och snabbhet för att kunna växla tempo. En jämn hastighet under distansloppen sparar muskelglykogen. En aggressiv och hård utgångshastighet verkar däremot vara fördelaktigt vid sprintprologer. För att utveckla sin farthållningsstrategi i masstart gäller det att träna på taktiska moment i träningen. Eftersträva variation i längd och intensitet på intervallpass för att kunna hantera hastighetsförändringar under tävling.

8. Träningsinnehåll – erfarenheter och träningsdata från hur framgångsrika längdskidåkare och uthållighetsidrottare har tränat. Framgångsrika längdskidåkare har som juniorer tränat mellan 500–700 timmar per år. Som seniorer har de tränat mellan 700–900 timmar per år. Fördelningen är cirka 85 % lågintensiv träning och cirka 10–15 % högintensiv träning. Den medelintensiva träningen verkar förekomma i både låg- och högintensiv träning, men är svårare att definiera i de aktivas träningsredovisningar. Många av de främsta svenska landslagsåkningarna upplevde att de som juniorer utgick mer från upplevd ansträngning (känsla) än puls. Det medförde att de hade högre intensitet på distanspassen som junior än senior. Att tävla i flera idrotter under ungdoms- och junioråldern är gemensamt för majoriteten av de svenska landslagsåkningarna. Internationell elit inom längdskidåkning tränar förhållandevis allsidigt varav 60–70 % är grenspecifikt och 30–40 % är icke grenspecifikt.

9. Vad händer i framtiden? – syftar till att identifiera ett antal faktorer som på olika sätt kan bidra till utveckling av längdskidsportens kravprofil. Klimatförändringar, utveckling av utrustning och tekniska hjälpmedel är faktorer som påverkar längdskidsporten. Strukturen kring idrottarnas vardag är också ett område där det sker utveckling. Det som kännetecknar framgångsrika idrottare är att de ständigt söker utveckling. De vågar testa nya koncept parallellt med att träningen genomförs kontinuerligt och med progression.

10. Lästips och stödmaterial – kompletterande material som relaterar till junior- och seniorverksamhet inom Svensk längdskidåkning.

11. Referenser – lista över referenser som innehållet bygger på.

Notera att innehållet inte är heltäckande eftersom områden som till exempel idrottspsykologi, idrottsnutrition, biomekanik och funktionell träning inte beskrivs i någon större utsträckning. Gällande dessa områden hänvisas läsaren till material som nämns under rubriken *Lästips och stödmaterial*.



2 Ordlista

Förklaringar på ord och begrepp som är återkommande i dokumentet:

Aerob effekt – syreupptagning (VO_2) per tidsenhet.

Aerob kapacitet – uthållighet över tid. Beror på VO_2 max, nyttjandegrad och arbetsekonomi.

Aerob maximal effekt – VO_2 max, kan räknas om till enheten Watt (W).

Aerob tröskel – högsta arbetsintensiteten där blodlaktatkoncentrationen kan hållas relativt konstant omkring 2 mmol/l, brukar även benämnas som laktatröskel 1.

Aerodynamik – hur luft påverkar ett föremål som är i rörelse.

Alaktacid – anaerob energiprocess utan mjölktsyra bildning.

Anaerob effekt – hastigheten att producera energi i frånvaro av syre.

Anaerob kapacitet – den totala mängden energi som kan produceras utan syre.

Anaerob tröskel – högsta arbetsintensiteten där blodlaktatkoncentrationen kan hållas relativt konstant omkring 4 mmol/l, brukar även benämnas som laktatröskel 2.

Arbete – en kraft som skapar en förflyttning, kan exempelvis vara förflyttning av en kroppsmassa. Uttrycks i Joule (J).

Arbetsekonomi – energiförbrukning eller syreförbrukning vid ett givet arbete. Påverkas av mekanisk verkningsgrad, skidteknik och musklernas egenskaper.

Artificiell intelligens – en maskins förmåga att visa människoliknande drag såsom analysering, inläring och kreativitet.

ATP – adenosintrifosfat, kroppens energivaluta.

Biomekanik – studier av jämvikt och rörelser hos levande organismer, till exempel längdskidåkare.

Blodlaktat – produkt från mjölktsyra bildning i muskel.

Borgskalan – en skattningsskala för upplevd fysisk ansträngning. Skalan sträcker sig från 6 (ingen ansträngning alls) till 20 (maximalt ansträngande).

Cykelfrekvens – antal cykliska rörelser per minut.

Cykellängd – längden på en cyklisk rörelse (m).

Delkropp – avgränsning när endast ben eller överkropp aktiveras.

Diastoliskt blodtryck – när hjärtat vilar och fylls med blod (mellan varje hjärtsammandragning) är trycket som lägast.

Distanssträning – kontinuerligt sammanhängande arbete som inte är knuten till en specifik intensitetszon.

Duration – träningsvaraktighet (timmar/minuter/sekunder).

Energisystem – energicykel som innefattar produktion, distribution och användning av energi. Människokroppen har både aeroba och anaeroba energisystem.

Extern effekt – arbete (J) per tidsenhet (s), uttrycks i Watt (W).

Farthållningstrategi – val av intensitetsprofil/hastighetsprofil vid exempelvis en skidtävling.

FIS – Fédération Internationale de Ski, det internationella skidförbundet.

FIS-tävling – tävlingar som är sanktionerade i den internationella tävlingskalendern som ger internationell ranking (FIS-punkter) exempelvis världscup, internationella mästerskap, nationella mästerskap, Skandinavisk cup eller Sverigecup.

Funktionell träning – handlar om övningar som innefattar styrka, stabilitet, kontroll, rörlighet, balans och koordination.

Fysiologi – handlar om hur levande orga-

nismer och organsystem fungerar.

Fälttester – enkla standardiserade mätningar av fysisk prestationsförmåga eller kapacitet vid träning/tävling.

Generell träning – annan typ av träning som inte är specifik för längdskidåkning, till exempel löpning, cykling eller styrketräning.

Glykogen – inlagrade kolhydrater i skelettmuskulatur och lever.

Helkropp – muskelarbete när både ben och överkropp aktiveras.

Hjärtfrekvens – puls, antal hjärtslag per minut. Förkortas till HF.

Hjärtminutvolym – volym blod som pumpas av hjärtat varje minut (L/min).

Homologiserad bana – banan följer en viss standard gällande sträcka, kupering, höjdskillnader med mera. Detta regleras via det internationella skidförbundets tävlingsregler (ICR).

Högintensiv träning (HIT) – enligt Svensk längdskidåknings träningslära kategoriseras högintensiv träning (A3 till A3+) på följande sätt: ≥ 16 i borgskalan, ≥ 4 mmol i blodlaktat, ≥ 85 % av maximal hjärtfrekvens.

ICR – International Competition Rules, det internationella skidförbundets regelverk.

Impuls (biomekanik) – kraft (F) gånger tid (s). Enheten för impuls är Ns.

Impuls (snabbhetsträning) – anaerob alaktacid träning med stor kraftinsats 5 till 15 sekunders arbete följt av ≥ 2 minuters aktiv vila för god återbildning av kreatinfosfat.

Intensitetszon – intensitet i träning eller tävling som definierar ansträngningsnivå. Norska intensitetsmodellen delas in i I1–I5⁸². Svensk intensitetsmodell delas in i A1–A3+⁸³.

Joule (J) – enhet för energi vid arbete.

Kilokalori (kcal) – ett mått på hur mycket energi ett livsmedel innehåller.

Kraft – används för att förklara förändringar av rörelse. Uttrycks i Newton (N).

Kroppssammansättning – fördelning av fettfri massa inklusive vatten (till exempel muskler), fett och skelett.

Lab-tester – standardiserade mätningar i laboratoriemiljö.

Laktacid – anaerob energiprocess med mjölktsyra bildning.

Laktat – produkt vid förbränning av glukos vid muskelarbete under anaeroba förhållanden (syrebrist).

Lutning – kan anges i grader eller procent från horisontalplanet som motsvarar noll.

Lågintensiv träning (LIT) – enligt Svensk längdskidåknings träningslära kategoriseras lågintensiv träning (A1) på följande sätt: 9–12 i borgskalan, < 2 mmol i blodlaktat, 60–75 % av maximal hjärtfrekvens.

Maxlaktat – högsta uppmätta blodlaktatvärdet.

Maxpuls – maximalt antal hjärtslag per minut.

Medelintensiv träning (MIT) – enligt Svensk längdskidåknings träningslära kategoriseras medelintensiv träning (A2 till A3-) på följande sätt: 13–16 i borgskalan, 2–5 mmol i blodlaktat, 75–90 % av maximal hjärtfrekvens.

Medelvärde – totalsumman av alla värden delat på antalet mätningar.

Mekanisk verkningsgrad – den del av den totala energiåtgången som går till förflyttning av kroppsmassa, cirka 17–23 %.

Metabol effekt – energiförbrukning omräknat till arbete per sekund uttryckt i Watt (W).

Mjölksyra – produkt vid nedbrytning av muskelglykogen i en process som inte kräver syre. Resulterar i vätejoner och laktat.

Mätplatsträning – träningspass där man mäter yttre faktorer som tid/hastighet/effekt/sträcka/vikt.

Newton (N) – enheten för kraft.

Nordiska världsmästerskap – världsmästerskap som innefattar de nordiska skidsporterna längdskidåkning, nordisk kombination och backhoppning.

Nutrition – vetenskap om hur kosten påverkar kroppen, människans energiomställning och vilka näringsämnen kroppen behöver, vilka funktioner de har i kroppen, var de finns i maten och vilken mängd som behövs.

Nyttjandegrad – andel av VO_2 max som nyttjas under en viss tid.

Polariserad träning – tydliga skillnader mellan låg- och högintensiv träning. Det innebär förhållandevis begränsad mängd medelintensiv träning.

Power – arbete per tidsenhet (J/s) uttryckt som Watt (W).

Prospektiv – en studie som är framåtblickande, till exempel en studie där en grupp individer följs under en specifik tidsperiod.

Puls – antal hjärtslag per minut, anges även som hjärtfrekvens.

Retrospektiv – en studie som är tillbaka-blickande på sådant som redan har skett.

RPE – Rating of Perceived Exertion, skattningsskala för upplevd fysisk ansträngning. Skalan sträcker sig från 1 (mycket lätt ansträngning) till 10 (maximal ansträngning).

Rörelsehastighet – hastigheten vid förflyttning av kroppsmassa eller rörelse av en extremitet över en led.

Specificitet/Specifik träning – grennära träning för idrotten, till exempel skidor på snö och rullskidor för en längdskidåkare.

Spänst – allmänt begrepp för att beskriva ett hopp som påverkas av muskelkraft, elasticitet och motorik.

Styrka – övergripande begrepp för muskelns förmåga att utveckla kraft.

Standardavvikelse – normalspridningen i en grupp som rymmer 68 % av det totala antalet.

Statistiskt signifikant – betyder att resultatet är så säkra att de inte beror på slumpen.

Submaximal förmåga – belastning som är under maximal förmåga. Begrepp som används vid exempelvis nyttjandegrad och tröskeltester.

Symmetri – liksidighet mellan exempelvis höger och vänster kroppshalva.

Systoliskt blodtryck – det högsta trycket som uppstår i de arteriella kärlen när hjärtat drar sig samman och blodet pumpas ut från hjärtats vänstra kammare.

Teknikväxlar – deltekniker i klassiskt och skejt, till exempel diagonal och benskejt.

Testvärde – maximal syreupptagning per kg kroppsvikt (ml/kg/min).

Topografi – terräng, till exempel höjd över havet.

Träningsbelastning – inom Svensk längdskidåkning definieras träningsbelastning som summan av träningsstid, träningsintensitet och träningsfrekvens.

Träningsfrekvens – antal träningspass under en dag/vecka/månad/år.

Träningsintensitet – ansträngningsgrad uttryckt som procent av till exempel maxpuls, RPE, VO_2 max, hastighet eller effekt.

Träningsvolym – det totala arbetet som utförs under en given tidsperiod, till exempel under ett träningspass, en vecka, en månad eller ett år.

Videoanalys – film för att exempelvis studera teknik och rörelsemönster.

Vilolaktat – blodlaktatvärde vid vila.

Vind-/luftmotstånd – luftmotstånd är en kraft som beror på det mekaniska motstånd som strömmande luft orsakar.

VO_2 max – "V" står för volym, "O₂" för syre och "max" för maximum. Sammantaget är det ett mått på den högsta volymen syre som din kropp kan utnyttja.

VO_2 max absolut värde – beskriver hur stor volym (liter) syre per minut som kroppen maximalt kan tillgodogöra sig.

VO_2 max relativt värde – det absoluta värdet relaterat till den aktives kroppsvikt, anges som ml/kg/min.

VO_2 peak – samma definition som VO_2 max, men platåtiden är otillräcklig för att benämna det som ett maximalt värde.



3 Den internationella längdskidåkningens historiska utveckling

Historisk tillbakablick

Längdskidor har sedan de första olympiska vinterspelen i Chamonix 1924 varit en del av det olympiska programmet. På den tiden tilläts endast manliga tävlande på de två distanserna, 18 och 50 kilometer, som avgjordes i klassisk teknik. Banorna preparerades genom att åka och trampa underlaget med skidor innan tävling. Vallautbudet var mycket begränsat och utrustningen bestod av träskidor och bambustavar.

Idag prepareras banorna med pistmaskiner. Tillverkad snö och saltning är vanligt förekommande och detta bidrar ofta till hårda spår med snäva förhållanden. Skidorna tillverkas av en kombination av trä, papp och plast samt i vissa fall även kolfiber, vilket gör utrustningen betydligt lättare än tidigare. Belaget som är tillverkat i plast är fukt- och smutsavvisande. Stavarna, som tillverkas av kolfiber, är både lättare och styvare än tidigare stavar gjorda i bambu.

Fram till 1950-talet vallades skidorna med tjära och under detta decennium startade utvecklingen av syntetiska vallor. Syntetiska vallor är vattenavstötande och är mer jämna i kvalitet till skillnad från tjärvallorna.

Idag är vallasortimentet betydligt större och man använder kemiska produkter som likt belaget är fukt- och smutsavvisande.

Under första halvan av 1980-talet började vallarna att rugga fästzonen på vanliga klassiska skidor. De använde först ett grovt sandpapper och fästzonen täcktes sedan med silikonprodukter. Det här tillvägagångssättet var mer fördelaktigt än syntetvallor och klistret vid förhållanden med fallande nysnö och nollgradig temperatur. Idag finns specifika ruggskidor med en fästzon som har en gummiblandning i belaget vilken är anpassad för att rugga med sandpapper.

Utvecklingen av utrustning har i sin tur lett till ökade hastigheter vilket också påverkar kravet på ett antal taktiska, tekniska, biomekaniska och fysiologiska faktorer. Dessutom har träningsmängden ökat sedan 1940-talet och träningsinnehållet förfinats, speciellt under barmarksperioden. I slutet på 1960-talet började de aktiva använda rullskidor för att göra träningen mer skidspecifik. Utvecklingen i träningen har successivt fortsatt med hjälp av till exempel stakerometer, rullskidband, gymträning, glaciärträning, skidtunnlar och konstsnö. Ökad kunskap om bland annat funktionell träning, nutrition, mentala faktorer, skade- och sjukdomsprevention samt fysiologiska tester har också bidragit till utvecklingen av både aktiva och resurspersoner. Ett större resursteam har lett till en förbättrad helhetssyn kring den aktives elitsatsning med en tätare dialog och uppföljning.



Förbättrad ekonomi och livskvalité är också faktorer som medfört att fler killar och tjejer har möjlighet att satsa mer tid på längdskidåkning än tidigare. Sedan mitten av 1970-talet har skidgymnasium och skiduniversitet samt andra eftergymnasiala verksamheter successivt ökat möjligheten till dubbla karriärer, exempelvis att kunna kombinera studier och elitsatsning.

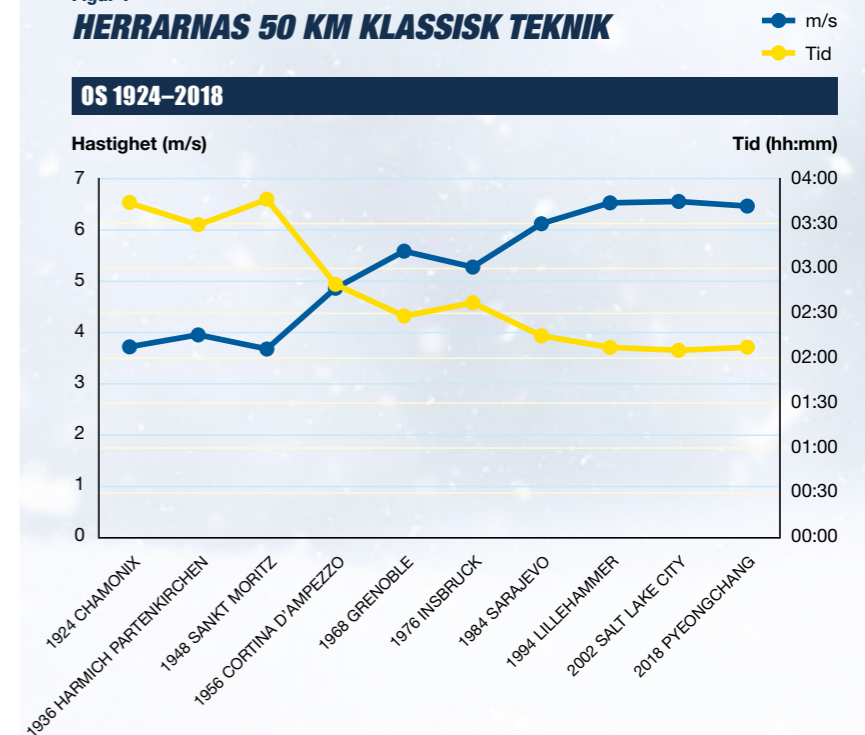
Förändringar och anpassningar av tävlingsreglerna har också påverkat hastighetsutvecklingen och längdskidåkningens kravprofil. I det gamla tävlingsreglementet, International Competition Rules (ICR), var syftet att skapa tävlingsbanor som skulle skilja de bättre längdskidåkarna från de något sämre. Under 80-talet blev därför uppförsbackarna både längre och brantare. Under VM i Oberstdorf 1987 ansågs det att utvecklingen hade gått för långt. Uppförsbackarna hade blivit nästan oframkomliga. Hösten 1987 startade FIS därför en arbetsgrupp med Odd Martinsen (NOR), Thomas Wassberg (SWE), Dietrich Martin (GER) och Dag Kaas (NOR). Arbetsgruppen intervjuade aktiva kring vilka tävlingsbanor och -partier de gillade bäst. Arbetet resulterade i regler kring homologisering av tävlingsbanor. 1991 homologiserades den första tävlingsbanan i Davos. 2003 kom den första utgåvan av en manual kring homologisering (homologation manual), vilken kontinuerligt har uppdaterats.

I figur 1 och 2 återfinns hastighetsutvecklingen (meter/sekund) baserat på vinnartiderna över flera decennier för herrarnas 50 km klassisk teknik och damernas 10 km klassisk teknik vid OS (OBS. Damerna tävlade vid OS i längdskidor först 1952 i Oslo). Dessa distanser illustreras eftersom de har varit återkommande och beständiga i OS-programmet, medan andra distanser har tillkommit senare. Dessutom kom skejt officiellt med i tävlingsprogrammet fr.o.m. 1985. Sedan 1993 växlar man mellan skejt och klassisk teknik vartannat mästerskap på alla individuella distanser. 2006 började 50 km genomföras som masstart (det gäller även damernas 30 km).

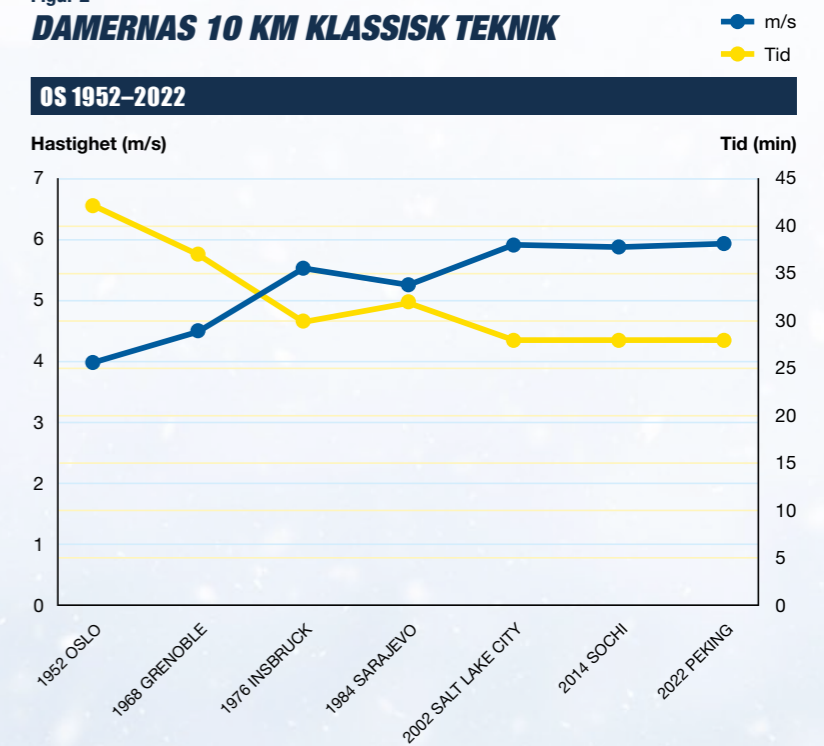
Historiskt sett har FIS reglerat vilken teknik och material som är godkända att användas under tävling. Inför säsongen 2016/2017 infördes nya regler kring stavlängd i klassisk teknik. Stavarna får maximalt vara upp till 83 procent av den aktives kroppslängd. Samma säsong testades även stakfria zoner för första gången i världscupen. Stakfria zoner blev varaktiga regler inom samtliga FIS-tävlingar i längdskidåkning från säsongen 2017/2018. FIS poängterade också betydelsen av att klassiska tävlingar bör arrangeras på banor med utmanande och kuperad terräng.

Hastighetsutvecklingen (meter/sekund) baserat på vinnartiderna vid OS över flera decennier

Figur 1
HERRARNAS 50 KM KLASSISK TEKNIK



Figur 2
DAMERNAS 10 KM KLASSISK TEKNIK



Hastighetsutvecklingen i några idrotter baserat på vinnartiderna vid OS över flera decennier

Tabell 1
EXEMPEL PÅ UTVECKLING AV VINNARTID OCH HASTIGHET

i de olympiska idrotterna längdskidor, skridskor, simning och löpning för herrar och damer.

Idrott	Olympiska spel	Årtal	Vinnartid	Km/h	m/s	Tid/km	Hastighetsutv.
LÄNGDSKIDOR	50 000 m (K) herrar	1924	03:44:32	13,4	3,7	04:29	74,7 %
		2018	02:08:22	23,4	6,5	02:34	
	10 000 m (K) damer*	1952	41:40,0	14,4	4,0	04:10	47,9 %
SKRIDSKOR	10 000 m herrar	1924	18:04,8	33,3	9,3	01:48	44,0 %
		2022	12:30,7	48,0	13,3	01:15	
	3 000 m damer*	1960	05:14,3	34,3	9,5	01:45	32,9 %
SIMNING	100 m frisim herrar	1924	00:59,0	6,1	1,7	09:50	25,8 %
		2021	00:46,9	7,7	2,1	07:49	
	100 m frisim damer	1924	01:12,4	5,0	1,4	12:04	40,0 %
LÖPNING	10 000 m herrar	1924	30:23,2	19,8	5,5	03:02	9,6 %
		2021	27:43,2	21,7	6,0	02:46	
	1 500 m damer*	1972	04:01,4	22,4	6,2	02:41	3,9 %
		2021	03:53,1	23,2	6,5	02:35	

*I vissa idrotter har damernas deltagande tillåts senare än herrarnas deltagande

4 Tävlingsregler



I det här kapitlet beskrivs längdskidåkningens internationella tävlingsregler, International Competition Rules (ICR) som påverkar förberedelser, prestation och kravprofil.

FIS-kod och FIS-punkter

För att kunna delta i internationella tävlingar som ingår i FIS-kalendern krävs en tävlingslicens som kallas FIS-kod. FIS-koden är sju-siffrig och utgör åkarens identitet i FIS tävlingsystem. Vid deltagande i en FIS-tävling har den tävlande en ranking utifrån tidigare tävlingsresultat.

Inom längdskidåkning används FIS-punkter som rankingsystem, vilket bygger på de fem bästa resultaten de 12 senaste månaderna. Det finns två separata rankinglistor, en för distanstävlingar och en för sprinttävlingar. Rankingsystemen används främst som underlag vid bestämmande av startordning och kvalificering till tävling. Den åkare som vinner en tävling får lägst FIS-punkter och den åkare som placerar sig sämst i en tävling får högst FIS-punkter. Sammantaget innebär det att åkaren med lägst FIS-punkter är den bäst rankade. Rankinglistan uppdateras 5–7 gånger per tävlingsår enligt ett i förväg fastställt tidsschema.

Vid sprintprolog startar tävlande med lägst FIS-punkter först i startfältet. Under masstarttävlingar står tävlande med lägst FIS-punkter längst fram i startfältet. I distanstävlingar med individuell start grupperas de tävlande på olika sätt utifrån FIS-punkterna. Grupperna placeras inbördes utifrån ranking för att få ett bra flöde i tävlingen. Inom världscupen kan de A-seedade åkarna välja startposition i fallande ordning utifrån FIS-punkter (lägst FIS-punkter väljer först). Här tas hänsyn till exempelvis väderförhållanden, banans beskaffenhet, tv-produktion, publik på plats med mera.

Vid internationella mästerskap och världscup utgör FIS-punkter ett underlag för att kunna kvalificera sig till dess tävlingar. Exempelvis, för att få delta vid distanstävlingarna i VM måste den tävlande under de senaste 12 månaderna ha presterat ett resultat som motsvarar lika med eller under 90 FIS-punkter för herrar och 120 FIS-punkter för damer.

Homologisering

För att genomföra en FIS-tävling måste de aktuella tävlingsbanorna homologiseras, vilket innebär att man följer en viss standard gällande sträcka, kupering, höjdskillnader med mera. Detta regleras via FIS tävlingsregler. Tabell 2 visar inom vilka intervall en tävlingsbana (för internationella mästerskap och världscup) anses vara godkänd inom ramen för FIS homologisering.

Vid homologisering av banor eftersträvas att banans kupering i snitt är en tredjedel uppför, en tredjedel utför och en tredjedel platt. Vid en studie som genomfördes 2015¹ simulerades en 5 km bana som motsvarar FIS riktlinjer för homologiserade tävlingsbanor. Studien genomfördes i klassiskt och skejt med dam- och herråkare från världseliten. Resultatet visade bland annat att åkarna befann sig cirka 55 % av tiden i uppförsterräng, 25–30 % i utförsterräng och 15–20 % i platt terräng.

I tabell 3 till 5 redovisas sträcka, maximal stigning och totalstigning i meter för homologiserade banor vid VM och OS mellan 2014 och 2022.

Tabell 2
RIKTLINJER FÖR HOMOLOGISERING AV TÄVLINGSBANOR VID INTERNATIONELLA MÄSTERSKAP OCH VÄRLDSCUP

Banlängd	Antal stigningar	Höjdskillnad*	Max stigning**	Totalstigning
Sprint F		max. 50 m	0–30 m	0–60 m
Sprint K	1 stigning ≥ 15 m	max. 50 m	15–40 m	20–60 m
2,5 km	1 stigning ≥ 25 m	max. 50 m	25–50 m	75–105 m
3,3 km	1 stigning ≥ 25 m	max. 65 m	25–65 m	100–140 m
3,75 km	1 stigning ≥ 30 m	max. 80 m	30–80 m	100–160 m
4 km	1 stigning ≥ 30 m	max. 90 m	30–80 m	120–170 m
5 km	1 stigning ≥ 30 m	max. 100 m	30–80 m	150–210 m
>5 km	2 stigningar ≥ 30 m	< 12 m/km	≥ 30 m	Genomsnitt 25–42 m/km

*Höjdskillnad definieras som skillnaden i höjdmeter mellan banans lägsta och högsta punkt.

**En stigning definieras som en uppförbacke med en lutning från 9–18 %. Den kan brytas upp med korta böjande sektioner som är mindre än 150 meter långa eller nedförbackar som är mindre än 10 m höjdskillnad. Stigningens genomsnittliga lutning, inklusive kuperad terräng och utförsektioner bör vara 6–14 %.

Data från internationella mästerskap år 2014–2022

Tabell 3
SPRINTBANOR

Sprintbanor herr	Sträcka (m)	Max. stigning (m)	Totalstigning (m)	Sprintbanor dam	Sträcka (m)	Max. stigning (m)	Totalstigning (m)
OS Sotji 2014	1 800	32	62	OS Sotji 2014	1 250	21	31
VM Falun 2015	1 408	26	56	VM Falun 2015	1 408	26	56
VM Lathi 2017	1 635	23	53	VM Lathi 2017	1 416	20	43
OS PyeongChang 2018	1 381	23	53	OS PyeongChang 2018	1 142	25	43
VM Seefeld 2019	1 554	35	57	VM Seefeld 2019	1 272	15	37
VM Obsterdorf 2021	1 531	18	51	VM Obsterdorf 2021	1 184	20	39
OS Peking 2022	1 461	30	47	OS Peking 2022	1 461	30	47
Medel	1 539	27	54	Medel	1 305	22	42

Tabell 4
HERRARNAS 15 KM OCH DAMERNAS 10 KM

15 km herr	Sträcka (m)	Max. stigning (m)	Totalstigning (m)	10 km dam	Sträcka (m)	Max. stigning (m)	Totalstigning (m)
OS Sotji 2014	14 931	56	544	OS Sotji 2014	9 947	56	358
VM Falun 2015	14 622	65	530	VM Falun 2015	10 320	65	351
VM Lathi 2017	14 642	43	546	VM Lathi 2017	10 026	44	386
OS PyeongChang 2018	15 232	35	578	OS PyeongChang 2018	10 142	35	406
VM Seefeld 2019	14 918	38	526	VM Seefeld 2019	10 032	38	344
VM Obsterdorf 2021	15 805	64	567	VM Obsterdorf 2021	10 457	64	379
OS Peking 2022	15 018	44	586	OS Peking 2022	9 872	44	384
Medel	15 024	49	554	Medel	10 114	49	373

Tabell 5
HERRARNAS 50 KM OCH DAMERNAS 30 KM

50 km herr	Sträcka (m)	Max. stigning (m)	Totalstigning (m)	30 km dam	Sträcka (m)	Max. stigning (m)	Totalstigning (m)
OS Sotji 2014	49 735	56	1792	OS Sotji 2014	29 841	56	947
VM Falun 2015	51 600	65	1755	VM Falun 2015	30 960	65	1053
VM Lathi 2017	49 615	43	1640	VM Lathi 2017	29 769	43	984
OS PyeongChang 2018	50 500	35	1866	OS PyeongChang 2018	30 464	35	1156
VM Seefeld 2019	50 328	38	1740	VM Seefeld 2019	29 836	38	1052
VM Obsterdorf 2021	50 648	64	1762	VM Obsterdorf 2021	30 285	64	1100
OS Peking 2022*	50 760	37	1962	OS Peking 2022	30 036	44	1172
Medel	50 455	48	1792	Medel	30 170	49	1066

*Den planerade banan anges i tabell 5. Väderförhållanden medförde att herrarnas 50 km under OS i Peking 2022 ändrades till 28 400 meter med maximal stigning 44 meter och total stigning 1172 meter.



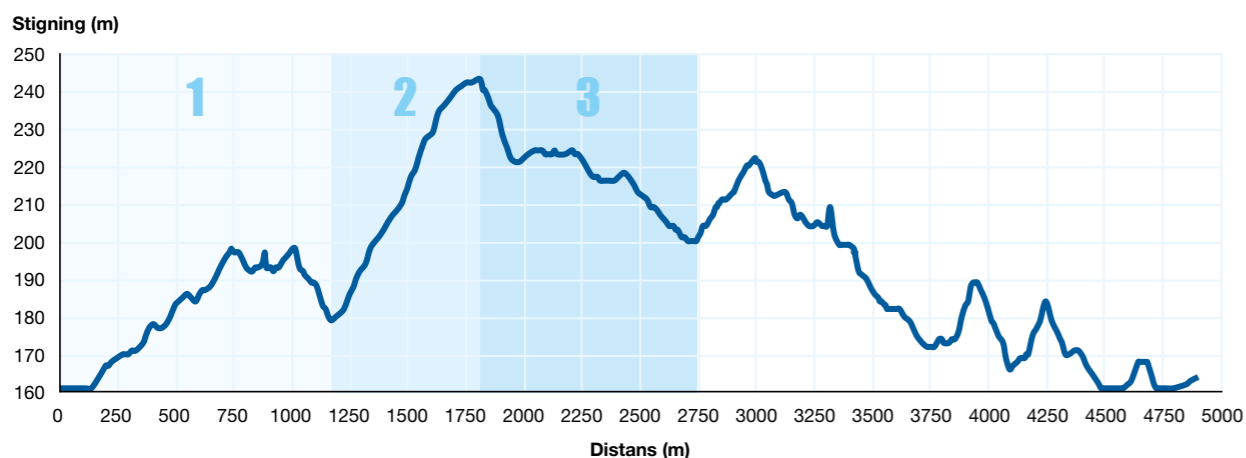
Banprofiler

Inom ramen för de riktlinjer som arrangören måste förhålla sig till när en bana homologeras (se tabell 2) kan de olika tävlingsbanornas banprofiler variera (se tabell 3 till 5). Utifrån erfarenheter anses olika banprofiler passa olika individuella förmågor och egenskaper. En bana kan innehålla alltifrån branta uppförsbackar med låga hastigheter, branta utförsbackar med höga hastigheter, långa backar, korta backar, platta partier, mer eller mindre tekniska partier med mera. Inför mästerskap är det vanligt att de aktiva tränar på de förmågor och egenskaper som krävs för att kunna prestera vid en viss typ av karaktär på tävlingsbanan.

Längdskidåkning har två huvudtekniker, klassiskt och skejt, som vardera har ett antal deltekniker. För att anpassa åkningen efter terrängens variationer, vallning, underlag och trötthet växlar åkarna mellan delteknikerna i snitt cirka 10–20 ggr/km under en tävling. I figur 3 illustreras ett exempel från banprofilen i Falun och vilka deltekniker samt hastigheter som generellt används i de markerade zonerna under en tävling (hastigheterna baseras på data från www.skidtid.se).

Figur 3

5 KM BANPROFIL VM I FALUN 2015



- | | | |
|---|--|--|
| <p>1. Klassiskt: Stakning och stakning med frånskjut.
Skejt: Växel 3 och 4.
Hastighet: Cirka 20–30 km/h.</p> | <p>2. Klassiskt: Diagonal och saxning.
Skejt: Växel 2 och 3.
Hastighet: ≤ 16 km/h</p> | <p>3. Klassiskt: Stakning och fartställning.
Skejt: Växel 5 och fartställning.
Hastighet: Cirka 40–60 km/h.</p> |
|---|--|--|



Tävlingens omgivande faktorer

FIS-tävlingar regleras utifrån ICR. Temperatur och banans högsta punkt över havet är exempel på faktorer där tävlingsreglerna påverkar.

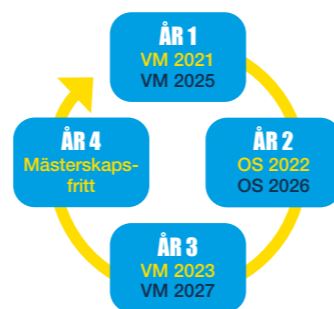
Vid temperaturer under -20°C , uppmätta på banans kallaste punkt, ska tävling senareläggas eller ställas in enligt jurybeslut. Vid svåra väderförhållanden (som hård vind, hög luftfuktighet, ymnigt snöfall eller hög temperatur) kan juryn i samråd med lagkaptenerna (för de deltagande länderna eller föreningarna) samt den medicinskt ansvarige, senarelägga, förändra distans, förflytta eller ställa in tävlingen. Vid nationella tävlingar (även JSM och nationell juniorcup) är köldgränsen -17°C (banans kallaste punkt). Vid FIS-tävlingar för seniorer och vid långlopp i Sverige ska juryn alltid sammanträda och besluta huruvida tävling ska genomföras eller ej om det är kallare än -17°C . Vid OS, VM, JVM och VC-tävlingar får högsta punkten på banan ej ligga över 1 800 meter över havet.

5 Tävlingsformer, -program och -distanser

Kapitlet beskriver tävlingsformer och -distanser vid världscuptävlingar och internationella mästerskap för juniorer och seniorer.

Internationella mästerskaps-distanser för seniorer

Under en fyraårs cykel genomförs en vinterolympiad och två nordiska världsmästerskap. Det innebär att vart fjärde år är det mästerskapsfritt. Tävlingsdistanserna vid VM och OS beskrivs i tabell 6 och 7.



Beskrivning av tävlingsdistanser, tävlingsformer och total åktid vid internationella mästerskap

Tabell 6

DAMSENIORER

Tävlingsform	Distans (km)	Total åktid (min)	Teknik	Genomförande
SPRINT	4 x 1 – 1,8 km	8–16 min	K/F	Ett individuellt kvalheat, med 15 sek startintervall, följt av tre finalheat om sex åkare i vardera heat med knockoutsprint. Åkarna slås ut eller går vidare till nästa finalheat enligt ett fastställt regelverk. Det är cirka 120–180 min uppehåll mellan prolog och första finalheatet. Varje heat är 2–4 min med cirka 20–70 min uppehåll mellan finalheaten.
INDIVIDUELL START	10 km	23–28 min	K/F	Individuell start med 30 sek startmellanrum.
SKIATHLON	15 km	35–40 min	K+F	Gemensam start, 7,5 km klassiskt följt av skidbyte och 7,5 km skejt.
MASSTART	30 km	70–85 min	K/F	Gemensam start med möjlighet att byta skidor under tävlingen.
STAFETT	4 x 5 km	50–55 min	K+F	Gemensam start, fyra deltagare åker varsin sträcka. Sträcka ett och två är klassiskt. Sträcka tre och fyra är skejt. Tiden för varje sträcka är cirka 12–14 min.
SPRINT-STAFETT	12 x 1 – 1,8 km	35–40 min	K/F	Gemensam start, två aktiva åker växelvis tre sträckor vardera i en semifinal och en final. Totalt 6 sträckor/aktiv å 2:30 – 3:30 min åkning med 2:30 – 3:30 min uppehåll mellan varje sträcka.

Tabell 7

HERRSENIORER

Tävlingsform	Distans (km)	Total åktid (min)	Teknik	Genomförande
SPRINT	4 x 1 – 1,8 km	8–16 min	K/F	Ett individuellt kvalheat, med 15 sek startintervall, följt av tre finalheat om sex åkare i vardera heat med knockoutsprint. Åkarna slås ut eller går vidare till nästa finalheat enligt ett fastställt regelverk. Det är cirka 120–180 min uppehåll mellan prolog och första finalheatet. Varje heat är 2–4 min med cirka 20–70 min uppehåll mellan finalheaten.
INDIVIDUELL START	15 km	33–38 min	K/F	Individuell start med 30 sek startmellanrum.
SKIATHLON	30 km	70–80 min	K+F	Gemensam start, 15 km klassiskt följt av skidbyte och 15 km skejt.
MASSTART	50 km	110–130 min	K/F	Gemensam start med möjlighet att byta skidor under tävlingen.
STAFETT	4 x 10 km	90–105 min	K+F	Gemensam start, fyra deltagare åker varsin sträcka. Sträcka ett och två är klassiskt. Sträcka tre och fyra är skejt. Tiden för varje sträcka är cirka 22–27 min.
SPRINT-STAFETT	12 x 1 – 1,8 km	30–40 min	K/F	Gemensam start, två aktiva åker växelvis tre sträckor vardera i en semifinal och en final. Totalt 6 sträckor/aktiv å 2:30 – 3:30 min åkning med 2:30 – 3:30 min uppehåll mellan varje sträcka.

Världscupprogrammet

Det internationella tävlingsprogrammet med världscupen och mästerskap består av cirka 35–40 individuella tävlingar per säsong, varav cirka 20–25 är distanslopp och cirka 10–15 är sprinttävlingar. Därutöver arrangeras 2–5 stafetter och sprintstafetter. Generellt eftersträvas en jämn fördelning mellan klassiskt och skejt. Varje säsong koras en totalvinnare på dam- respektive herrsidan för sprintcupen och distanscupen, samt för den totala världscupen i vilken såväl sprint som distanstävlingar räknas in. Den totala världscupen baseras på totala antalet världscuppoäng för en säsong.

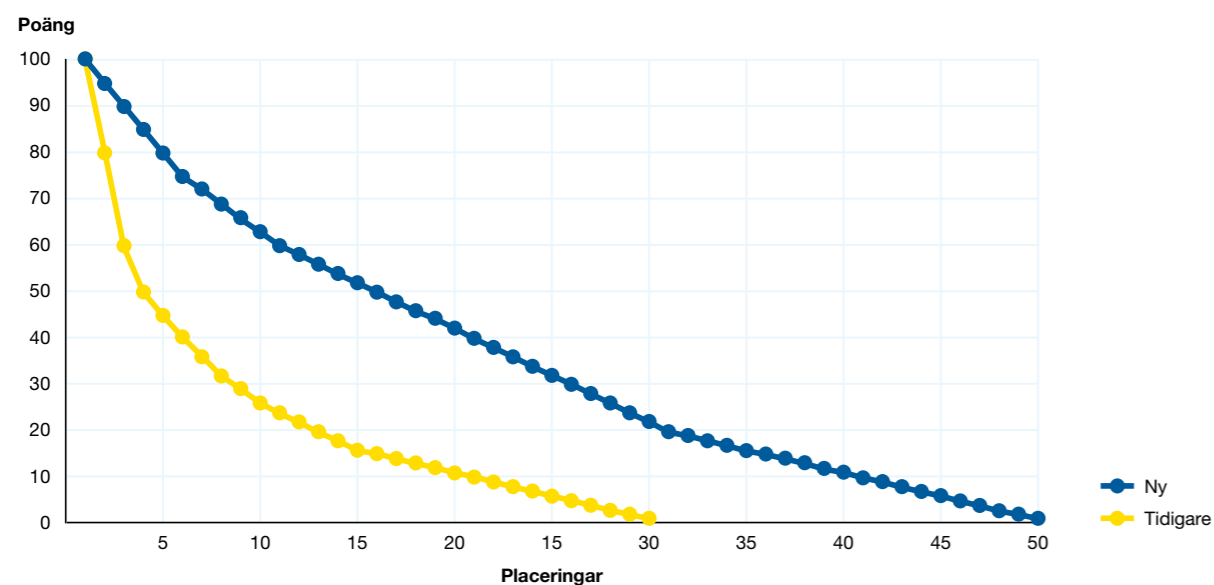
Säsongen 2022/2023 infördes följande ändringar i världscupen:

- Lika distanser för damer och herrar.
- Kvalet i sprintstafett genomförs individuellt och 15 lag kvalificerar sig till final.
- Ny fördelning av världscuppoäng.

I figur 4 presenteras både den tidigare och nya fördelningen av världscuppoäng vid en enskild individuell tävling. Den tidigare fördelningen med världscuppoäng till de 30 främsta gällde fram till säsongen 2021/2022. Den nya fördelningen med världscuppoäng till de 50 främsta gäller från säsongen 2022/2023. I den nya poängfördelningen är det av större betydelse att delta i samtliga världscuptävlingar för att nå en bra placering i den totala världscupen.

Figur 4

FÖRDELNING AV VÄRLDSCUPPOÄNG VID EN ENSKILD INDIVIDUELL TÄVLING



Etapplopp

Varje år genomförs etapplopp (tourer) med tre till nio individuella deltävlingar där resultatet slås ihop och en slutlig segrare koras för damer respektive herrar. Tour de Ski, som hade premiär under säsongen 2006/2007, genomförs som 6–9 deltävlingar. Det är det mest kända och prestigefyllda etapploppet inom längdskidor. Kravprofilen för ett etapplopp skiljer sig från kravprofilen för enskilda tävlingar. Vid ett etapplopp genomförs flera tävlingar under relativt kort tidsperiod. Varje aktiv måste delta i samtliga deltävlingar för att få ett slutresultat i etapploppet, alltifrån distans till sprint i både klassiskt och skejt. Etapplopp innehåller emellanåt annorlunda tävlingsdistanser (till exempel backtävlingar ("final climb") och mass-/jaktstartslopp med avvikande banprofil) och innebär även resande mellan olika tävlingsorter.

Stadssprint

Varje säsong arrangeras någon eller några stadssprintar som i många fall har en avvikande tävlingsarena och banprofil. Vid stadssprint sker ofta undantag i FIS homologisering av tävlingsbanor. Ett viktigt syfte är att ta längdsporten till en mer tätbefolkad miljö. Tävlingarna ingår i världscupprogrammet.



Tabell 8

EXEMPEL PÅ TÄVLINGSPROGRAM, VÄRLDSCUPEN 2021/2022

	Datum	Plats	Land	Damer	Herrar	Stil	Notering	
PERIOD 1	26 november	Ruka	FIN	Sprint	Sprint	K		
	27 november	Ruka	FIN	10 km	15 km	K		
	28 november	Ruka	FIN	10 km	15 km	F	Jaktstart	
	3 december	Lillehammer	NOR	Stafett	F			
	4 december	Lillehammer	NOR	Skiathlon	Skiathlon			
	5 december	Lillehammer	NOR	Stafett	Stafett			
	11 december	Davos	SUI	Stafett	Stafett	F		
	12 december	Davos	SUI	10 km	15 km	F		
	18 december	Dresden	GER	Sprint	Sprint	F		
19 december	Dresden	GER	Lagsprint	Lagsprint	F			
TOUR DE SKI								
PERIOD 2	28 december	Lenzerheide	SUI	Sprint	Sprint	F		
	29 december	Lenzerheide	SUI	10 km	15 km	K		
	30 december	Mandatory travel day						
	31 december	Obsterdorf	GER	10 km	15 km	F	Masstart	
	1 januari	Obsterdorf	GER	Sprint	Sprint	K		
	3 januari	Val di Fiemme	ITA	10 km	15 km	K	Masstart	
	4 januari	Val di Fiemme	ITA	Slutklätring	Slutklätring	F	Masstart	
	PERIOD 3	14 januari	Les Rousses	FRA	Sprint	Sprint	F	
		15 januari	Les Rousses	FRA	10 km	15 km	F	
16 januari		Les Rousses	FRA	10 km	15 km	K	Jaktstart	
22 januari		Planica	SLO	Sprint	Sprint	K		
23 januari		Planica	SLO	Skiathlon	Skiathlon			
VINTER-OS 2022, PEKING								
PERIOD 4	4–20 februari	Peking	CHA					
	26 februari	Lahti	FIN	Sprint	Sprint	F		
	27 februari	Lahti	FIN	10 km	15 km	K		
	3 mars	Drammen	NOR	Sprint	Sprint	K		
	5 mars	Oslo	NOR	30 km			Masstart	
	6 mars	Oslo	NOR		50 km		Masstart	
	11 mars	Falun	SWE	Sprint	Sprint	K		
	12 mars	Falun	SWE	10 km	15 km	F		
	13 mars	Falun	SWE	Mixstafett 4x5 km och mix lagsprint				
VÄRLDSCUPFINAL								
PERIOD 5	18 mars	Tyumen	RUS	Sprint	Sprint	F		
	19 mars	Tyumen	RUS	10 km	15 km	F	Masstart	
	20 mars	Tyumen	RUS	10 km	15 km	K	Jaktstart	

I tabell 8 illustreras det planerade Världscupprogrammet för säsongen 2021/2022 med 38 tävlingar inklusive OS i Peking. Antalet tävlingar under en säsong varierar från år till år bland annat beroende på om det är mästerskap eller inte. Tävlingsprogrammet tar även hänsyn till långa resor, tidsomställning och höjddackimatisering i samband med mästerskap.

Junior-VM programmet

Varje år arrangeras nordiskt Junior-VM för tävlande i åldrarna 17–20 år. Tävlingsprogrammet består av tre individuella tävlingar och en stafett (se tabell 9). De individuella tävlingarna genomförs växelvis i klassiskt och skejt vartannat år.

Beskrivning av tävlingsdistanser, tävlingsformer och total åktid vid internationella mästerskap

Tabell 9
JUNIORER

Tävlingsform	Distans (km)	Total åktid (min)	Teknik	Genomförande
SPRINT	4 x 1 – 1,8 km	8–16 min	K/F	Ett individuellt kvalheat, med 15 sek startintervall, följt av tre finalheat om sex åkare i vardera heat med knockoutsprint. Åkarna slås ut eller går vidare till nästa finalheat enligt ett fastställt regelverk. Det är cirka 120–180 min uppehåll mellan prolog och första finalheatet. Varje heat är 2–4 min med cirka 20–70 min uppehåll mellan finalheaten.
INDIVIDUELL START	10 km	23–30 min	K/F	Individuell start med 30 sek startmellanrum.
MASSTART	20 km	48–60 min	K/F	Gemensam start.
STAFETT	4 x 5 km	47–55 min	K+F	Gemensam start, fyra deltagare åker varsin sträcka. Sträcka ett och två är klassiskt. Sträcka tre och fyra är skejt. Tiden för varje sträcka är cirka 11–15 min.

Tävlingsfrekvens och anpassningar

Internationellt tävlande på seniornivå i samband med världscuptävlingar och mästerskap innebär många tävlingsdagar med mycket resande. Tabell 8 visar att samtliga världscuptävlingar under 2021–2022 planerades att genomföras i Europa. Ungefär vartannat år arrangeras världscuptävlingar eller mästerskap i Asien och Nordamerika. Vissa tävlingar innebär flera timmars flygresa och tidsomställning.

Aktiva och stödapparatens kring landslagen strävar efter att nå optimala förutsättningar utifrån tävlingsprogrammet. Det innebär exempelvis att:

Tränar- och ledarteam

Tränar- och ledarteam besöker nya mästerskapsorter i god tid innan mästerskap för att rekognosera till exempel höjd över havet, resrutten från uppladningsläger till mästerskapsort, boende, logistik på plats, tävlingsarena och tävlingsbanor (uppskattade arbetstider, fördelning av deltekniker, taktiska moment och hur upploppet ser ut). Erfarenheter vidareförmedlas till aktiva och anpassningar genomförs för att optimera förberedelserna inför mästerskapet.

Aktiva

Aktiva prioriterar i sitt individuella upplägg utifrån målsättning, vilket innebär att tränings- och tävlingsplanering anpassas utifrån sin egen och stödapparatens samlade kunskap och bedömning. Gällande tävlingsfrekvens kan det innebära att vissa tävlingshelger/-distanser har högre eller lägre prioritet alternativt prioriteras bort helt. Ett exempel på hur detaljer i träningen anpassas är att de tävlande fokuserar på att utveckla olika egenskaper och förmågor. Detta för att vara bra förberedd på den aktuella tävlingsbanans karaktär som exempelvis banprofil, tävlingsortens klimat och topografi.

För-OS/-VM

Normalt genomförs ett för-OS eller ett för-VM säsongen innan aktuellt mästerskap. Det är en del i förberedelserna för aktiva och resurspersoner.

Hälsa och nutrition

Landslagets medicinska team och näringsexperter gör efterforskningar på de aktuella mästerskapsorterna för att samla kunskap inom områden som är relaterade till hälsa och nutrition. Det handlar exempelvis om klimat, tidsomställning, höjd över havet, matkultur, infektionsrisker med mera.

Vallateam

Världscuporterna är ofta återkommande från år till år, vilket gör att vallarna har goda erfarenheter och kunskap kring tävlingsortens förhållanden. Vid internationella mästerskap, och i synnerhet OS, arrangeras tävlingarna oftast på nya orter med relativt okända förutsättningar. Vallateamet måste därmed vara på plats vid åtskilliga tillfällen sista åren inför mästerskapet för att samla på sig kunskap och information om mästerskapsorten.



6 Fysiologiska krav

Uthållighet

För att kunna prestera bra som längdskidåkare krävs det ett högt **maximalt syreupptag** (det vill säga, **VO₂max**), en **hög nyttjandegrad**, en **hög mekanisk verkningsgrad** (eller **arbetsekonomi**) och en **hög anaerob kapacitet** (figur 5).

Utifrån ett fysiologiskt perspektiv ställer längdskidåkning krav på hög energiomsättning under lång tid. En hög syreupptagning (VO₂) är viktig för att kunna producera så mycket energi som möjligt aerobt (med syre) och en hög anaerob kapacitet är viktig för att kunna producera energi anaerobt (utan syre).

Anaerob energiproduktion sker snabbare än aerob energiproduktion vilket är betydelsefullt vid rörelser som kräver stor kraft. Aerob energiproduktion är uthålligare vilket är viktigt vid rörelseaktivitet över längre tid. Den maximala syreupptagningsförmågan (VO₂max) är en central faktor eftersom den utgör taket på aerob energiomsättning. En ytterligare faktor är hur mycket av den maximala syreupptagningen

som kan nyttjas i en tävlingsituation. Det benämns som nyttjandegraden, det vill säga hur nära sitt VO₂max den aktive kan ligga under en given tidsperiod, vilket påverkar prestations VO₂. Den totala energiomsättningen blir således summan av "prestations VO₂" och den energi som förbrukas av den anaeroba kapaciteten.

Det som slutligen blir avgörande för prestationen är hur stor andel av energiomsättningen som kan omvandlas till yttre effekt (hastighet) i skidspåret. Den faktorn benämns som mekanisk verkningsgrad och uttrycks i procent. Målet är att så mycket som möjligt av den aeroba och anaeroba energiomsättningen ska omvandlas till hastighet i skidspåret för att bli mer energieffektiv. Energieffektivitet i det här hänseendet kan också uttryckas som arbetsekonomi. Arbetsekonomi brukar definieras som andelen energi (eller mängd VO₂) som förbrukas vid en given åk hastighet eller sträcka^{4,5}. Den påverkas av mekanisk verkningsgrad, skidteknik och musklernas egenskaper.

Figur 5
FYSIOLOGISKA FAKTORER SOM FÖRKLARAR UTHÅLLIGHETSPRESTATION^{2,3}

I modellen är uthållighetsprestation uttryckt som yttre effekt i enheten Watt per kg kroppsvikt (W/kg).



VO₂max

VO₂max är ett mått på den aeroba maximala effekten vilket i vardagstal brukar benämnas som kondition och utgör syreupptagningens tak hos individen.

Måttet representerar den absolut högsta mängden syre per minut som genom inandning förs över till blodet och sedan till arbetande muskulatur. Det syrerika blodet pumpas ut via hjärtat, levereras till muskulaturen (via cirkulationssystemet) och slutligen används syret i muskelcellerna för att producera energi (ATP) från glykogen och fett⁶. Syreupptagningsvärdet kan därför räknas om till en energiförbränningshastighet där en syreupptagning på 1 liter per minut (l/min) motsvarar en energiförbränning på omkring 5 kcal/min⁷. Exempelvis kan en kvinnlig längdskidåkare med ett VO₂max på 4 l/min förbränna 20 kcal/min via det aeroba energisystemet.

Vid träning på havsnivå där mycket muskelmassa involveras, till exempel längdskidåkning, löpning, eller cykling är den dominerande begränsningsfaktorn i VO₂max den maximala hjärtminutvolymen^{6,8}.

Längdskidåkning innefattar flera deltekniker som skiljer sig åt gällande involverade muskelgrupper, därför kan VO₂max skilja i varje specifik delteknik. 2007 observerades att VO₂max var 14 % lägre vid stakning gentemot diagonal rullskidåkning⁹ och 2017 uppvisades endast 4 % lägre värden vid stakning gentemot diagonalåkning¹⁰. Denna förändring kan troligtvis relateras till att överkroppsspecifik uthållighetsträning har blivit mer prioriterat av dagens elitskidåkare^{11,12}.

VO₂max mäts i l/min samt i relation till individens kroppsvikt (ml/kg/min). Det "relativa" måttet, som ofta kallas för testvärdet, är relevant för längdskidåkare som behöver bära kroppsvikten i uppförsbackar mot gravitationen. På tävlingsbanor med mindre kupering får det absoluta värdet en större betydelse och det motsatta gäller vid mer kuperade tävlingsbanor. Eftersom en hel del fysiologiska kriterier måste uppnås för

att kunna säkerställa att man uppnått ett exakt VO₂max benämns måttet ibland som VO₂peak, man kan dock se dessa som likvärdiga mått.

Utifrån ett prestationsperspektiv behöver inte skidåkaren med högst VO₂max per automatik vara snabbast. Prestation handlar om så många fler faktorer, såsom nyttjandegrad, anaerob kapacitet och arbetsekonomi samt taktiska, psykologiska och utrustningsrelaterade variabler med mera. Men utan att ha ett tillräckligt högt tak på VO₂max kan längdskidåkaren inte heller nå världseliten. En forskningsstudie¹³ rapporterade VO₂max värden för Marit Bjørgen mellan åren 2010–2014, vilket var den perioden där hon presterade som bäst. Snittvärdet ± standardavvikelsen under oktober och november (innan den specifika tävlingsfasen) var 67,7 ± 1,7 ml/kg/min och mätten varierade mellan 66,7–70,7 ml/kg/min under dessa 5 år. En annan forskningsstudie¹⁴ analyserade VO₂max bland norska längdskidåkare mellan 1990–2013 och testvärden presenteras i tabell 10 (observera hur Marit Bjørgens värden kan jämföras mot kvinnorna på gruppnivå).

"UTIFRÅN ETT PRESTATIONS-PERSPEKTIV BEHÖVER INTE SKIDÅKAREN MED HÖGST VO₂MAX PER AUTOMATIK VARA SNABBAST."

Slutsatsen är att Marit Bjørgen hade ett högt VO₂max men hon var sannolikt inte den åkare med högst VO₂max även om hon var världsbäst. Det är viktigt att komma ihåg att prestationsförmågan i en tävlingsituation beror på "summan" av flera prestationsfaktorer.

Tabell 10
VO₂MAX BLAND NORSKA VÄRLDSCUPÅKARE UNDER TIDSPERIODEN 1990–2013¹⁴

Kön	Tävlingstyp	Prestationsnivå	Antal deltagare	Ålder	VO ₂ max testvärde (ml/kg/min)
DAMER	Distans	Medaljörer	10	28 ± 5	72,6 ± 5,1
		Icke medaljörer	12	25 ± 4	69,4 ± 2,7
	Sprint	Medaljörer	5	29 ± 8	68,6 ± 3,7
		Icke medaljörer	8	25 ± 4	68,6 ± 4,1
HERRAR	Distans	Medaljörer	17	28 ± 4	84,3 ± 5,2
		Icke medaljörer	8	26 ± 2	82,0 ± 2,2
	Sprint	Medaljörer	7	26 ± 4	77,9 ± 2,9
		Icke medaljörer	6	30 ± 4	78,5 ± 3,6



GRUPPGENOMSNIITT SAMT LÄGSTA-HÖGSTA VÄRDEN

Från en analys av svenska landslagsåkare på junior- och seniornivå presenteras här två tabeller (tabell 11a och tabell 11b) med testdata som har en stor påverkan på prestationsförmågan:

Juniorer

Värden från aktiva på juniornivå som har, vid minst ett tillfälle, varit topp 15 i sprint eller 5/10km individuell start på junior-VM.

Seniorer

Värden från aktiva på seniornivå som har, vid minst tre tillfällen, varit topp 30 i sprint eller 10/15km individuell start i Världscupen, VM och/eller OS.

Tabellerna presenterar testdata kring arbeteekonomi, nyttjandegrad och VO_2 max från åren 2013-2021. Genomsnittsvärdet på VO_2 max för respektive könsgroup kan i jämförelse med andra forskningsstudier tyckas vara relativt lågt¹⁴, dock uppvisar enskilda individer mycket höga värden. Det högsta kvinnliga genomsnittsvärdet för tidsperioden var 73 ml/kg/min och det manliga värdet var 78 ml/kg/min (Tabell 11b).



Tabell 11a och 11b presenterar gruppgenomsnitt ± standardavvikelse samt lägsta-högsta värden (medelvärde per individ vid > 1 test) på fysiologiska prestationsfaktorer för framgångsrika svenska längdskidåkare som testats vid Nationellt Vintersportcentrum mellan åren 2013-2021. Testen innefattade submaximal diagonalåkning åtföljt av ett VO_2 max test:

Tabell 11a
SPRINTDISCIPLINEN

SPRINT	DAMER		HERRAR	
	Seniorer: topp 30 på VC, ≥ 3 gånger	Juniorer: topp 15 på JVM, ≥ 1 gång	Seniorer: topp 30 på VC, ≥ 3 gånger	Juniorer: topp 15 på JVM, ≥ 1 gång
Antal skidåkare	12	12	13	6
Ålder (år)	25 ± 3 21-31	19 ± 1 18-20	27 ± 3 23-31	20 ± 0 19-20
*Arbeteekonomi (J/kg/m)	5,9 ± 0,1 5,7-6,1	6,1 ± 0,2 5,7-6,4	6,4 ± 0,2 6,0-6,6	6,6 ± 0,1 6,4-6,7
*Mekanisk verkningsgrad (%)	18,9 ± 0,4 18,1-19,5	18,2 ± 0,6 17,4-19,5	20,1 ± 0,6 19,2-21,1	19,3 ± 0,4 19,0-20,0
% av VO_2 max vid 2 mmol/l blodlaktat	77 ± 6 64-84	77 ± 3 74-84	73 ± 4 67-77	75 ± 5 71-84
% av VO_2 max vid 4 mmol/l blodlaktat	88 ± 3 83-91	87 ± 3 85-92	85 ± 2 81-89	86 ± 3 83-92
VO_2 max (ml/kg/min)	62 ± 3 59-66	61 ± 3 55-67	70 ± 5 63-78	69 ± 2 65-71
VO_2 max (l/min)	4,1 ± 0,2 3,7-4,6	3,9 ± 0,2 3,6-4,3	5,7 ± 0,2 5,3-6,1	5,4 ± 0,6 4,7-6,3
Max blodlaktat (mmol/l)	13,3 ± 2,1 10,7-18,3	13,6 ± 2,3 10,7-19,2	13,8 ± 2,1 10,5-17,5	12,8 ± 3,0 8,2-17,3

Tabell 11b
DISTANSDISCIPLINEN

DISTANS	DAMER		HERRAR	
	Seniorer: topp 30 på VC, 10 km, ≥ 3 gånger	Juniorer: topp 15 på JVM, 5 km, ≥ 1 gång	Seniorer: topp 30 på VC, 15 km, ≥ 3 gånger	Juniorer: topp 15 på JVM, 10 km, ≥ 1 gång
Antal skidåkare	11	8	10	7
Ålder (år)	26 ± 4 21-33	19 ± 1 18-20	27 ± 5 21-34	20 ± 1 19-20
*Arbeteekonomi (J/kg/m)	6,0 ± 0,2 5,7-6,3	5,9 ± 0,1 5,7-6,2	6,4 ± 0,2 6,1-6,6	6,7 ± 0,1 6,6-6,8
*Mekanisk verkningsgrad (%)	18,5 ± 0,6 17,7-19,5	18,8 ± 0,8 17,9-20,0	19,9 ± 0,5 19,3-20,9	19,0 ± 0,2 18,7-19,3
% av VO_2 max vid 2 mmol/l blodlaktat	77 ± 8 58-85	79 ± 4 75-84	74 ± 5 64-78	71 ± 8 56-78
% av VO_2 max vid 4 mmol/l blodlaktat	88 ± 3 84-93	88 ± 3 85-93	86 ± 2 83-91	84 ± 2 80-87
VO_2 max (ml/kg/min)	66 ± 4 60-73	63 ± 4 58-69	74 ± 3 69-78	72 ± 2 69-76
VO_2 max (l/min)	4,0 ± 0,2 3,8-4,6	3,9 ± 0,2 3,6-4,3	5,8 ± 0,3 5,4-6,2	5,6 ± 0,5 4,7-6,2
Max blodlaktat (mmol/l)	12,2 ± 1,3 10,1-14,4	14,4 ± 2,7 11,8-19,2	13,0 ± 1,0 11,6-14,4	11,1 ± 1,6 8,7-13,6

*indikerar att värden för herrar är baserade på diagonalåkning vid en hastighet av 10 km/h och en lutning på 6° och för damer en hastighet av 9 km/h och en lutning på 5°. Både arbeteekonomi och mekanisk verkningsgrad är lutningsberoende vilket gör att man inte ska jämföra mellan damer och herrar då olika protokoll har använts

En större vetenskaplig analys med längdskidåkare från skidgymnasienivå till seniorelitnivå uppvisade skillnader i VO_2 -peak och prestationsnivå (FIS-punkter). Den här studien från Nationellt Vintersportcentrum visar att de som presterade bäst inom respektive könsgroup också hade högst VO_2 -peak¹⁵, se tabell 12.

En annan forskningsstudie från Nationellt Vintersportcentrum¹⁶ uppvisade signifikanta förändringar i VO_2 -peak vid tre hösttester i följd bland kvinnliga svenska längdskidåkare från utvecklingslandslaget (18–23 år). Samma utveckling av VO_2 -peak fanns inte bland herrarna under dessa tre säsonger, se tabell 13. Intressant var att FIS distanspunkter utvecklades mycket positivt för damerna men mindre hos herrarna under samma 3 årsperiod. Studien visar en brist i herrarnas utveckling mellan 2017–2019, både i VO_2 -peak och distansprestation (observera att FIS sprintpunkterna förbättrades under perioden för bägge könen).

Det är viktigt att komma ihåg att kvalitén på mätutrustning och kalibreringsprocedur kan påverka resultaten vid mätning av VO_2 -max¹⁷. Därför kan jämförelser mellan olika testcenter och länder vara problematiska.

Olika faktorer påverkar utvecklingen av VO_2 -max över tid. Bland ungdomar och juniorer är det svårt att separera effekten av träning gentemot fysiologisk mognad¹⁸. Konditionsförmågan och VO_2 -max-värdet utvecklas snabbt hos både killar och tjejer under puberteten på grund av fysiologisk mognad. Generellt avtar utvecklingen av VO_2 -max efter puberteten¹⁸. Man bör dock komma ihåg att det är stor variation mellan individer när det gäller fysiologisk mognad vilket bör beaktas vid träning av barn och ungdomar^{19,20}.

Testresultat (VO_2 -peak) och FIS punkter

Tabell 12
LÄNGDSKIDÅKARE PÅ OLIKA PRESTATIONSNIVÅ VID RULLSKIDÅKNING UPPFÖR¹⁵

Kön	Nivå	Antal deltagare	Ålder	VO_2 -peak*	FIS-punkter
DAMER	Internationell toppnivå	5	27 ± 4	67,1 ± 7,7	≤ 25,0
	Internationell elit	16	24 ± 2	63,7 ± 2,8	25,1–50,0
	Nationell toppnivå	12	27 ± 2	62,5 ± 2,2	50,1–75,0
	Nationell nivå	62	22 ± 1	56,7 ± 4,7	> 75,0
HERRAR	Internationell toppnivå	12	23 ± 3	76,2 ± 2,4	≤ 25,0
	Internationell elit	21	24 ± 3	71,9 ± 4,1	25,1–50,0
	Nationell toppnivå	21	26 ± 2	69,8 ± 3,1	50,1–75,0
	Nationell nivå	53	23 ± 4	65,6 ± 5,1	> 75,0

*statistisk signifikanta skillnader mellan nivåerna för varje kön

Tabell 13
LANDSLAGSÅKARE (UTVECKLINGSLANDSLAGET)¹⁶

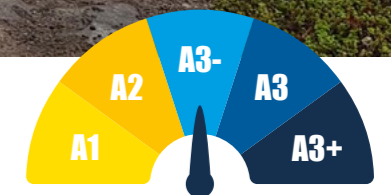
Kön	Hösttest	Antal deltagare	Ålder	VO_2 -peak [^]	FIS distans punkter [^]	FIS sprint punkter [*]
DAMER	Säsong 1	13	20 ± 2	60,3 ± 3,4	84,2 ± 24,4	142,3 ± 50,4
	Säsong 2	12	21 ± 2	62,4 ± 4,3	71,0 ± 22,1	120,0 ± 59,0
	Säsong 3	14	22 ± 2	63,7 ± 4,4	60,0 ± 30,3	93,7 ± 54,2
HERRAR	Säsong 1	14	21 ± 2	70,0 ± 3,8	76,0 ± 24,1	145,3 ± 61,6
	Säsong 2	14	22 ± 2	68,9 ± 2,4	64,7 ± 14,1	126,1 ± 43,0
	Säsong 3	15	23 ± 2	70,4 ± 3,6	64,0 ± 21,5	117,0 ± 45,7

[^]statistisk signifikanta skillnader mellan säsongerna för damerna (men inte herrarna)

^{*}statistisk signifikanta skillnader mellan säsongerna för varje kön



Nyttjandegrad och anaerob tröskel



Nyttjandegraden anger vilken procent (%) av VO_2 -max en individ kan bibehålla under en viss tidsperiod eller distans. Nyttjandegrad innebär även hur lång tid en individ kan fortsätta vid en viss % av VO_2 -max såsom tid till utmattnings vid 85 % av VO_2 -max. Det finns många olika sätt att definiera och mäta individens submaximala förmåga. Huvudsyftet för förbättrad prestation är att kunna hålla en nivå som är nära VO_2 -max under så lång tid som möjligt.

Att mäta den anaeroba tröskeln i procent av VO_2 -max är ett indirekt sätt att identifiera nyttjandegraden eftersom en högre tröskel i procent av VO_2 -max troligtvis ökar nyttjandegraden vid ett test eller en tävling. Det finns många protokoll för att mäta aeroba och anaeroba trösklar. Ett vanligt exempel från längdskidåkning är att mäta arbetsintensiteten (hastighet eller effektutveckling) vid en viss blodlaktatnivå (ca 2 mmol/l i blodlaktatkoncentration för aerob tröskel och ca 4 mmol/l i blodlaktatkoncentration för anaerob tröskel). Den aeroba tröskeln definierar ungefär gränsen mellan lågintensiv (A1) och medelintensiv träning (A2). Den anaeroba tröskeln definierar gränsen mellan stabil högintensiv träning (A3-, eller så kallad "tröskelfart") och högre intensitet (A3/A3+). När arbete utförs på en intensitet som ligger över den anaeroba tröskeln så ansamlas mycket blodlaktat vilket indikerar ett tydligt anaerobt energibidrag utöver det aeroba energibidraget. I praktiken innebär det att den aktive ligger på en intensitet som inte kan upprätthållas under en längre tid. Ett mål med uthållighetsträning är därför att träna upp förmågan att arbeta på så hög relativ intensitet (% av VO_2 -max) som möjligt innan både den aeroba och anaeroba tröskeln nås.

I uthållighetsidrotter som längdskidåkning, cykling och löpning har hastigheten, eller effektutvecklingen, vid aerob och/eller anaerob tröskel visat sig vara starkt kopplade mot prestationsförmågan^{21, 22, 23, 24}. Rent fysiologiskt är detta inte så konstigt eftersom längdskidåkare med väldigt hög tröskelfart troligen har ett relativt högt VO_2 -max, en bra arbeteekonomi och en hög nyttjandegrad²⁵. Generellt har elitaktiva individuella variationer mellan dessa tre förmågor. Uthållighetsträning som inte höjer VO_2 -max eller förbättrar arbeteekonomin kan ändå resultera i markant förbättrad uthållighetsprestation. Detta genom att blodlaktatresponsen vid en stegvis ökad arbetsintensitet högerförskjuts, det vill säga att idrottaren producerar lägre blodlaktatvärden vid högre arbetsbelastningar²².

Marit Bjørgens VO_2 och hastighet vid den anaeroba tröskeln vid uppförlöpnings på band (10,5 % lutning) presenterades i en rapport¹³. Den anaeroba tröskeln definierades i det här fallet som arbetsintensiteten där blodlaktatnivån var 1,5 mmol/l högre än vilovärderna. Mellan 2010–2014 var medelvärdet för VO_2 60,0 ± 1,8 ml/kg/min vid 10,7 ± 0,4 km/h. Måtten för VO_2 och hastighet varierade mellan 59,2–63,6 ml/kg/min och 10,7–10,9 km/h under dessa 5 år. För att kunna jämföra dessa siffror med andra idrottare krävs att samma protokoll används.

Nationellt Vintersportcentrum använder hastighet, puls (HF) och VO_2 vid blodlaktatkoncentrationer på 2 och 4 mmol/l för att mäta aerob och anaerob tröskel. I studien med längdskidåkare från skidgymnasie- till seniorelitnivå¹⁵ fanns det en signifikant skillnad i hastigheterna vid både 2 och 4 mmol/l mellan prestationsnivåerna för både kvinnor och män (tabell 14).

Testresultat och FIS punkter

Testresultat aerob tröskel [2 mmol/l] och anaerob tröskel [4 mmol/l].

Tabell 14
LÅNGSKIDÅKARE PÅ OLIKA PRESTATIONSNIVÅ VID RULLSKIDÅKNING UPPFÖR¹⁵

Kön	Nivå	Deltagare	Ålder	FIS-punkter	Hastighet km/h		Lutning (grader)	
					2 mmol/l*	4 mmol/l*	2 mmol*	4 mmol*
DAMER	Internationell toppnivå	5	27 ± 4	≤ 25,0	9,7 ± 0,3	10,1 ± 0,3	6,4 ± 0,6	7,2 ± 0,6
	Internationell elit	16	24 ± 2	25,1–50,0	9,4 ± 0,3	9,8 ± 0,2	5,8 ± 0,6	6,6 ± 0,4
	Nationell toppnivå	12	27 ± 2	50,1–75,0	9,3 ± 0,5	9,8 ± 0,2	5,6 ± 1	6,6 ± 0,4
	Nationell nivå	62	22 ± 1	> 75,0	9,0 ± 0,4	9,4 ± 0,3	5 ± 0,8	5,8 ± 0,6
HERRAR	Internationell toppnivå	12	23 ± 3	≤ 25,0	10,3 ± 0,5	10,8 ± 0,1	6,6 ± 1	7,6 ± 0,2
	Internationell elit	21	24 ± 3	25,1–50,0	10,1 ± 0,3	10,6 ± 0,2	6,2 ± 0,6	7,2 ± 0,4
	Nationell toppnivå	21	26 ± 2	50,1–75,0	9,9 ± 0,3	10,5 ± 0,2	5,8 ± 0,6	7 ± 0,4
	Nationell nivå	53	23 ± 4	> 75,0	9,5 ± 0,5	10,1 ± 0,4	5 ± 1	6,2 ± 0,8

*statistisk signifikanta skillnader mellan nivåerna (för varje kön).

Forskningsstudien med utvecklingslandslaget¹⁶ uppvisade en signifikant ökning över tre säsonger i hastighet vid både 2 och 4 mmol/L bland kvinnorna, men inte männen (tabell 15). Dessa resultat stödjer slutsatsen att det fanns en brist i herrarnas utveckling mellan 2017–2019. Protokollat använde diagonal rullskidåkning på ett rullband med en ökning i både hastighet och lutning var fjärde minut.

Tabell 15
LANDSLAGSÅKARE (UTVECKLINGSLANDSLAGET) VID DIAGONAL RULLSKIDÅKNING UPPFÖR¹⁶

Kön	Hösttest	Deltagare	Ålder	Hastighet km/h		Lutning (grader)	
				2 mmol/l*	4 mmol/l*	2 mmol*	4 mmol*
DAMER	Säsong 1	13	20 ± 2	9,2 ± 0,2	9,6 ± 0,2	5,4 ± 0,4	6,2 ± 0,4
	Säsong 2	12	21 ± 2	9,2 ± 0,4	9,7 ± 0,3	5,4 ± 0,8	6,4 ± 0,6
	Säsong 3	12	22 ± 2	9,4 ± 0,4	9,9 ± 0,3	5,8 ± 0,8	6,8 ± 0,6
HERRAR	Säsong 1	14	21 ± 2	10,2 ± 0,2	10,5 ± 0,2	6,4 ± 0,4	7 ± 0,4
	Säsong 2	14	22 ± 2	10,2 ± 0,2	10,5 ± 0,2	6,4 ± 0,4	7 ± 0,4
	Säsong 3	15	23 ± 2	10,4 ± 0,3	10,5 ± 0,2	6,8 ± 0,6	7 ± 0,4

*statistisk signifikant ökning mellan säsongerna för damerna (men inte herrarna).

Arbetsekonomi och mekanisk verkningsgrad

Arbetsekonomi brukar benämnas som mängden syre eller energi (Joule) som förbrukas per kg kroppsvikt och tidsenhet vid en viss hastighet eller som förbrukad mängd syre eller energi över en specifik sträcka²⁶. Arbetsekonomi kan relateras till energieffektiviteten som innefattar tekniska och fysiologiska faktorer. Den blir även påverkad av yttre faktorer såsom rullmotståndet vid rullskidåkning eller skidornas glid vid skidåkning på snö⁴.

Man kan också uttrycka arbetsekonomin som en "mekanisk verkningsgrad" vilket enkelt beskrivet innefattar andelen av energiförbrukningen som omvandlas till extern (yttre) effekt i enheten Watt (W). Ett exempel är om en manlig cyklist genererar en yttre effekt på 300 W och samtidigt har ett syreupptag på 4 l/min. Syreupptagningen motsvarar då en energiförbrukning på omkring 20 kcal/min (4 l/min x 5 kcal/l) vilket omräknat till enheten Watt blir cirka 1400 W. Av de 1400 W som genereras internt är det endast 300 W som överförs via pedalerna som extern effekt, detta motsvarar en mekanisk verkningsgrad på 21,5 % (300/1400 = 21,5 %). Om samma cyklist kan generera samma effekt vid en lägre syreupptagning (till exempel 3,7 l/min) blir således den mekaniska verkningsgraden högre (3,7 x 5 = 18,5 kcal/min ≈ 1290 W; 300/1290 = 23,3 %). Om de andra prestationsparametrarna är oförändrade så kommer personen sannolikt att prestera bättre i en tävlingsituation. Detta exempel kan även överföras till rullskidåkning på rullband där den yttre effektutvecklingen kan beräknas relativt enkelt¹⁰. Studier visar att variationen mellan skidåkare när det gäller mekanisk verkningsgrad är ungefär lika stor som när det kommer till VO₂max^{10, 27, 28}.

"BLAND UTHÅLLIGHETSIDROTTARE PÅ HÖG NIVÅ ÄR DET VANLIGT ATT DE SOM UPPVISAR HÖGRE VO₂MAX OFTA HAR NÅGOT SÄMRE ARBETSEKONOMI OCH VICE VERSA."

Under cykling har andelen långsamma muskelfibrer visat sig vara positivt relaterat till mekanisk verkningsgrad²⁹ och vid löpning är benmassan positivt relaterad till energikostnaden³⁰. Men de faktorer som påverkar arbetsekonomin eller den mekaniska verkningsgraden vid längdskidåkning är ännu inte helt utforskat. Det man vet är dock att hos uthållighetsidrottare brukar arbetsekonomin eller den mekaniska verkningsgraden förbättras genom flera års träning^{28,31,32}, detta troligen på grund av tekniska och/eller fysiologiska anpassningar som



minimerar energiförbrukningen vid en specifik hastighet eller effekt^{29,33}. En hög total träningsvolym över flera år är troligtvis viktig för att succesivt kunna utveckla en god teknik och arbetsekonomi i en sport som längdskidåkning.

Bland uthållighetsidrottare på hög nivå är det vanligt att de som uppvisar högre VO₂max ofta har något sämre arbetsekonomi och vice versa^{34,35}. Man bör dock komma ihåg att de bästa uthållighetsidrottarna vanligtvis har både ett högt VO₂max och en god arbetsekonomi. Faktorer som troligtvis påverkar arbetsekonomin är träningsvolym över tid, tekniskt utförande, styrka, rörlighet, muskelfibersammansättning och kroppsdimension^{26,28,29,31,36,37}.

Eftersom längdskidåkning innefattar flertalet olika deltekniker inom klassisk och skejt är idrotten komplex när det gäller arbetsekonomi. Därför bör man studera en skidåkares arbetsekonomi i de olika deltekniker som används mest. Exempelvis skiljer sig mekanisk verkningsgrad mellan de olika delteknikerna i både klassiskt och skejt.

Längdskidåkning vid hög fart, exempelvis vid en slutspurt med stakning, kräver en mycket snabb kraftutveckling. Det ställer unika krav gällande teknik och kraftproduktion för att energieffektiviteten ska bibehållas gentemot skidåkning vid en lägre och mer komfortabel hastighet. Några av de bästa manliga och kvinnliga långloppsåkarna uppvisar exempelvis väldigt bra mekanisk verkningsgrad vid stakning^{27,38,29}. Värdena för de aktiva vid stakning (18,2 km/h) på rullband med 1,5° uppförlutning var 19 %²⁷. En annan studie jämförde mekanisk verkningsgrad för norska längdskidåkare på världscupsnivå och nationell nivå vid skejt med växel 3. Vid en uppförlutning på 2,9° hade de norska världscupåkarna en mekanisk verkningsgrad på 15,2 % jämfört med de nationella åkarna som hade en verkningsgrad på 14,3 %⁴⁰. Ytterligare en studie där upprepade "sprintlopp" utfördes på rullband fastställdes mekanisk verkningsgrad som den mest avgörande prestationsfaktorn¹⁰. Allt detta indikerar att mekanisk verkningsgrad och/eller arbetsekonomi är en mycket viktig prestationsfaktor inom längdskidåkning.



Anaerob kapacitet

Anaerob kapacitet kan definieras som den totala mängden energi som kan produceras anaerobt. Detta innefattar både de alaktacida och laktacida anaeroba energisystemen. Anaerob kapacitet kan uttryckas som mängden energi per kg kroppsvikt (kJ/kg) men det är vanligt att förmågan istället uttrycks som en syreskuld (så kallad O_2 deficit i enheten ml/kg).

Till skillnad från aerob energiomsättning, som sker kontinuerligt, är anaerob energiomsättning begränsad till taket på den anaeroba kapaciteten. Den anaeroba kapaciteten kan därför efterliknas som ett batteri som driver de anaeroba energiprocesserna. Vanliga värden på anaerob kapacitet (uttryckt som en O_2 deficit) hos längdskidåkare ligger någonstans mellan 50–90 ml/kg (eller 0.94–1.88 kJ/kg) vid maximala tester med rullskidåkning på rullband^{27,41,42,43}. I praktiken under en tävling kan det ske vid korta maximala insatser, exempelvis ryck och spurt då skidåkaren kortvarigt ligger på en belastning långt över sitt maximala syreupptag. I en grupp av specialiserade sprintskidåkare (FIS sprintpunkter 37.3) uppmättes en O_2 deficit på 79 ml/kg medan en grupp av specialiserade distansåkare (FIS distanspunkter 28.5) hade en O_2 deficit på 66 ml/kg⁴².

Den anaeroba kapaciteten avgör hur länge man kan arbeta på en intensitet som ligger över VO_{2max} , men även hur högt över VO_{2max} man kan ligga i arbetsintensitet över en specifik tidsperiod. Eftersom mängden anaerob energi som kan genereras är begränsad så blir den anaeroba kapaciteten mer avgörande vid sprinttävlingar gentemot distanstävlingar.

En mer indirekt indikator på den anaeroba kapaciteten är den maximala koncentrationen av blodlaktat som kan uppnås vid ett maximalt test, exempelvis vid ett maximalt syreupptagningstest⁴⁴. Till skillnad från submaximalt arbete där man vill att koncentrationen av blodlaktat ska vara så låg som möjligt vill man vid maximalt arbete istället uppnå så hög koncentrationen av blodlaktat som möjligt. Detta eftersom ett högt maximalt blodlaktatvärde sannolikt också indikerar på en hög anaerob förmåga⁴⁴. Längdskidåkarens maximala värden på blodlaktatkoncentration brukar ligga mellan 7–19 mmol/l efter maximal ansträngning^{45,46}. Eftersom den anaeroba förmågan kan ses som ett batteri med anaerob energi som är begränsad så blir den relativa betydelsen också relaterad till arbetstiden. Därför får den anaeroba förmågan en större betydelse vid sprinttävlingar än distanstävlingar. Det medför också att längdskidåkare med relativt lågt VO_{2max} kan prestera bra på sprinttävlingar eftersom de kompenserar med anaeroba kvalitéer⁴².

För att kunna prestera på både sprint- och distanstävlingar krävs det dock både ett högt VO_{2max} och en tillräckligt hög anaerob kapacitet⁴⁷. En annan viktig del som kan kopplas till den anaeroba kapaciteten är skidåkarens spurtförmåga – en faktor som blivit alltmer viktig i längdskidåkning^{47,48}. För att kunna ha en bra spurtförmåga eller maximal åkshastighet krävs det en hög maximal energiomsättning. En stor del av denna behöver komma från anaeroba energiprocesser⁴⁹. Det medför att den anaeroba förmågan blir en viktig prestationsfaktor i de flesta av dagens längdskidåktävlingar.

**”DEN ANAEROBA KAPACITETEN
AVGÖR HUR LÄNGE MAN KAN
ARBETA PÅ EN INTENSITET SOM
LIGGER ÖVER VO_{2MAX} ”**



Samspelet mellan aeroba och anaeroba energiprocesser

Prestation inom uthållighetsidrotter är nära förknippad med graden av aerob energiomsättning, alltså syreupptagningen som man kan hålla under en tävling (så kallad ”prestations VO_2 ”).

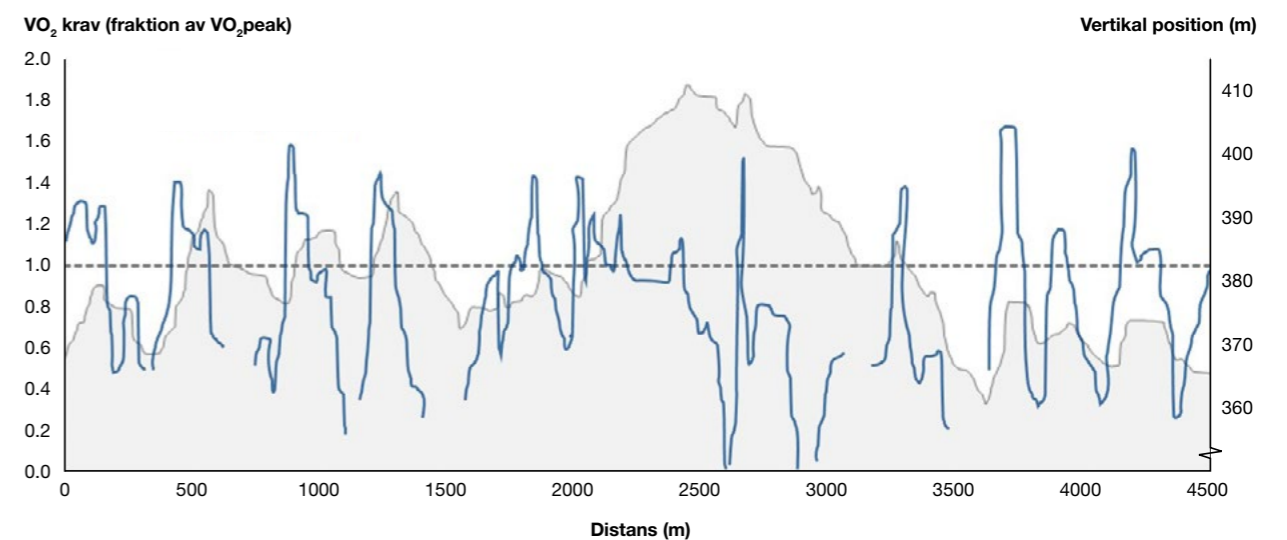
Den övergripande betydelsen av anaerob energitillförsel anses därför vara lägre. Även om det totala bidraget av anaerob energi under en distanstävling är lågt i förhållande till det aeroba bidraget är arbetsintensiteten i korta uppförsbackar frekvent över VO_{2max} (100–160 % av VO_{2max}). Det indikerar på ett tydligt inslag av anaerobt energibidrag i tillägg till det aeroba energibidraget^{46,50,51,52}. Detta möjliggörs på grund av anaerob återhämtning vid åkning i nedförsbackar^{46,51,52}. Betydelsen av en varierande anaerob energiproduktion blir därför en viktig faktor i all längdskidåkning, något som tydligt illustreras i figur 6.

Blodlaktat är en indikator för anaerob energiproduktion. Under distanstävlingar stiger nivån av blodlaktat snabbt till 5–10 mmol/l under de första 10 minuterna. Därefter blir ökningen i blodlaktat långsammare och när 7–19 mmol/l omedelbart efter ett distanslopp^{45,46}. Detta ställer höga krav på både anaerob förmåga, anaerob återhämtning samt anaerob tolerans. När det kommer till eliminering av blodlaktat har elitlängdskidåkare en betydligt bättre blodlaktatåterhämtning vid intervallbetonat högentensivt arbete gentemot längdskidåkare på en något lägre nivå⁵³.

Vid maximala rullskidtester på rullband som tar omkring 3 minuter så är förhållandet mellan aeroba och anaeroba energiprocesser ungefär 75:25^{10,41,55}. Vid maximala tester som tar omkring 3–4 min genereras en hastighet eller yttre effekt som motsvarar 110–120 % av åkarens VO_{2peak} ^{41,56}.

Figur 6

ENERGIOMSÄTTNINGSKRAV UTTRYCKT SOM EN FRAKTION AV VO_{2PEAK}



Energiomsättningskrav uttryckt som en fraktion av VO_{2peak} (där värden över 1.0 indikerar ett markant anaerobt inslag) illustrerat över ett genomsnitt på tre varv, 4,5 km per varv, vid ett 13,5 km rullskidlopp i Holmenkollen. Figuren är baserad på data från Gloersen⁵⁴.



Fälttester

Inom svensk längdskidåkning genomförs ett antal fälttester. Syftet med testerna är att på ett enkelt och standardiserat sätt mäta, registrera och utvärdera fysisk utveckling över en längre tid.

Sedan 2019 sammanställer Svenska Skidförbundet testresultat för RIG- och NIU-elever vid landets längdskidgymnasium. Det är åtta olika prestationstester som genomförs i gym, gymnastiksal och på löparbana. Svenska elittränarkåren har valt ut testerna i samråd med områdesansvarig för idrottsfysiologi vid Riksidrottsförbundet.

Fälttesterna är allmänna idrottstester som är enkla att genomföra. De mäter grundläggande fysiska egenskaper som är relevanta under förprestationsstadiet där juniorer inom längdskidåkning befinner sig.

De tester som genomförs är:

- ▶ Banlöpning 3000 meter, tid (mm:ss)
- ▶ Banlöpning 60 meter, tid (ss,0)
- ▶ Stakergometer 1000 meter, tid (mm:ss) och effekt (W)
- ▶ Dips, antal repetitioner
- ▶ Chins, antal repetitioner
- ▶ Brutalbänk, antal repetitioner
- ▶ Tio mångstegshopp, sträcka (m)
- ▶ Ett jämfota längdhopp, sträcka (m)

För att göra testerna jämförbara finns en testmanual för standardisering. Testerna genomförs i regel två gånger per år. Det innebär att en skidgymnasieelev genomför cirka åtta testomgångar under sin juniorkarriär. Fram till årsskiftet 2022/2023 har cirka 1500 testomgångar registrerats i Svenska Skidförbundets databas.

I tabellerna på nästa sida har de juniorer som genomfört testerna grupperats utifrån följande placeringsintervall: 1–15, 16–30, 31–45, 46–60 och 61–75. Placeringsintervallen baseras på FIS-ranking i distans (tabell 16) och sprint (tabell 17). FIS-punkterna baseras på resultat vid tävlingar och ju lägre FIS-punkter en längdskidåkare har, desto bättre FIS-ranking.



Tabell 16

MEDELVÄRDEN FÖR RESPEKTIVE TEST, DISTANS

Medelvärde för respektive test där gruppernas placeringsintervall baseras på FIS distansranking för juniorer

	FIS-GRUPP DISTANS		TID			EFFEKT (W)		ANTAL REPETITIONER			STRÄCKA (m)	
	Placering	Fis-punkter	Löpning 3000 m	Löpning 60 m	Stakergometer 1000 m	Stakergometer 1000 m	Chins	Dips	Brutalbänk	Ett jämfota längdhopp	10 mångstegshopp	
DAMER	1–15	90–170	11:36	9,5	04:08	186	5	9	16	2,0	20,4	
	16–30	172–197	11:58	9,3	04:06	190	6	12	19	1,9	20,8	
	31–45	198–218	12:51	9,5	04:11	181	5	11	18	1,9	20,4	
	46–60	218–233	12:30	9,6	04:10	181	7	12	17	1,9	20,5	
	61–75	234–263	12:13	9,4	04:12	186	4	9	16	2,0	20,8	
HERRAR	1–15	93–116	09:54	8,2	03:25	327	16	26	22	2,4	25,1	
	16–30	118–156	10:08	8,1	03:25	326	15	24	20	2,4	24,6	
	31–45	156–176	10:23	8,2	03:30	302	14	25	19	2,4	25,5	
	46–60	176–191	10:53	8,4	03:37	281	12	23	20	2,4	24,3	
	61–75	197–213	10:27	8,3	03:31	298	13	25	23	2,4	25,3	

Tabell 17

MEDELVÄRDEN FÖR RESPEKTIVE TEST, SPRINT

Medelvärde för respektive test där gruppernas placeringsintervall baseras på FIS sprinranking för juniorer

	FIS-GRUPP SPRINT		TID			EFFEKT (W)		ANTAL REPETITIONER			STRÄCKA (m)	
	Placering	Fis-punkter	Löpning 3000 m	Löpning 60 m	Stakergometer 1000 m	Stakergometer 1000 m	Chins	Dips	Brutalbänk	Ett jämfota längdhopp	10 mångstegshopp	
DAMER	1–15	151–228	11:28	9,4	04:05	191	8	13	19	2,0	20,6	
	16–30	230–259	12:25	9,5	04:05	193	5	10	18	1,9	20,2	
	31–45	259–292	12:22	9,4	04:08	192	4	9	18	2,0	21,3	
	46–60	298–336	13:01	9,5	04:08	186	4	10	16	1,9	20,7	
	61–75	341–395	13:01	9,4	04:24	172	4	10	17	1,9	20,5	
HERRAR	1–15	133–212	10:01	8,1	03:22	341	17	25	22	2,5	25,5	
	16–30	215–260	10:26	8,2	03:28	317	14	22	19	2,4	25,0	
	31–45	261–291	10:33	8,3	03:30	308	15	24	20	2,4	24,9	
	46–60	292–311	10:20	8,2	03:33	292	14	22	21	2,4	25,7	
	61–75	318–338	10:40	8,2	03:35	284	13	22	18	2,4	25,0	

Tabell 18

FÄLTTESTERNAS "GOOD ENOUGH"-VÄRDEN, HERRAR

Löpning 60 m/300 m (tid):	Linjär*
Dips (antal):	35
Chins (antal):	20
Längdhopp (m):	2,6
Mångstegshopp (m):	26
Brutalbänk (antal):	Linjär*
Stakergometer (tid):	Linjär*
Stakergometer (W):	Linjär*

*Linjärt samband betyder att bättre prestation vid fälttest också visar ett samband med lägre FIS-punkter.

Tabell 19

FÄLTTESTERNAS "GOOD ENOUGH"-VÄRDEN, DAMER

Löpning 60 m/300 m (tid):	Linjär*
Dips (antal):	25
Chins (antal):	15
Längdhopp (m):	Oklar**
Mångstegshopp (m):	Oklar**
Brutalbänk (antal):	Linjär*
Stakergometer (tid):	3:55
Stakergometer (W):	210

*Linjärt samband betyder att bättre prestation vid fälttest också visar ett samband med lägre FIS-punkter.

**Oklar betyder att underlaget inte visar ett statistiskt samband mellan prestation i fälttest och FIS-punkter.

Fälttesternas resultat baseras på svenska juniorers prestationer. 3000 meter banlöpning är det test som visar störst samband med FIS-punkter. Tabell 20 visar en sammanställning kring hur våra mest framgångsrika svenska längdskidåkare (topp 7 i internationella mästerskap och världscup mellan åren 2014–2022) har presterat på banlöpning 3000 meter.

Tabell 20

RESULTAT 3000 METER BANLÖPNING FÖR INTERNATIONELL SENIORELIT

Tabellen visar hur svenska framgångsrika längdskidåkare mellan åren 2014–2022 har presterat på 3000 meter banlöpning.

	Damer	Herrar
Antal aktiva	8	8
Tid (medel)	10:15	09:05
Tid (spridning)	09:20–11:15	08:50–09:18

"GOOD ENOUGH" – VÄRDEN

Vid statistiska beräkningar på samtliga testomgångar (1500 stycken) i databasen finns vissa samband mellan aktivas prestation vid fälttesterna och deras FIS-punkter. En bättre prestation i fälttesterna visar inte alltid ett samband med lägre FIS-punkter eller vice versa. Men upp till en viss nivå på prestationen finns ett samband med lägre FIS-punkter. Det kallas för "good enough" – värden. Det betyder att vid exempelvis chins för herrar finns det ett samband med lägre FIS-punkter upp till och med 20 repetitioner. Att prestera över 20 repetitioner ökar därmed inte sannolikheten för lägre FIS-punkter. Observera att "good enough" – värdena baseras på ett genomsnittligt samband för hela testdatabasen där distans- och sprintdisciplinerna är sammanslagna i beräkningen. Värdena i tabell 16 och 17 baseras på de 75 lägst registrerade FIS-punkterna (dam- respektive herrjuniorer) i testdatabasen och illustrerar testresultatens medelvärden inom respektive FIS-rankinggrupp.

**FIS-PUNKTER OCH RANKING**

I tabell 16 och 17 relateras prestationen i fälttesterna till prestationen i skidspåret (FIS-ranking).

I tabell 21 får ni en ytterligare översikt kring vilken ranking FIS-punkterna motsvarar för längdskidåkande juniorer i Sverige. Sammanställningen baseras på medelvärden för samtliga svenska juniorer (17–20 år).

Tabell 21

FIS-RANKING OCH FIS-PUNKTER

Tabellen visar FIS-ranking och vilka FIS-punkter rankingen motsvarar baserat på medelvärden från sista FIS-listan (lista 7 eller 8) säsongerna 2019/20, 2020/21 och 2021/22.

FIS-ranking	Damjuniorer		Herrjuniorer	
	Distans	Sprint	Distans	Sprint
Placering 1–3	67,8	112,0	62,1	103,9
Placering 10	117,2	202,9	91,7	169,5
Placering 30	167,0	257,5	124,3	222,2
Placering 50	199,4	297,2	150,5	247,0
Placering 70	233,5	337,7	174,2	277,6
Placering 90	263,9	366,7	194,5	299,7
Placering 110	302,5	407,4	225,0	324,7
Placering 150	–	–	280,2	380,6

7 Prestationsanalys och farthållningsstrategier

I kapitlet presenteras statistik kopplat till prestationsanalys mellan åren 2014–2022. Analysen beskriver skillnader i hastighet mellan olika tävlingsformer och tävlingsklasser. Som läsare får ni en uppfattning kring vilken åkshastighet som krävs för en specifik prestationsnivå inom respektive tävlingsform/-distans. Kapitlet beskriver även betydelsen av farthållningsstrategier vid längdskidtävlingar.

Tabell 22–25 är en sammanställning av tävlingsprestationer och medelhastighet för de 30 bästa åkarna vid samtliga internationella mästerskap på junior- och seniornivå åren 2014–2022. Anledningen till att denna gruppering valts är bland annat att topp 30 har fått poäng vid en världscupstävling enligt det poängberäkningssystem som har gällt till och med säsongen 2021/2022. Det är också topp 30 som går vidare från prolog/kvalheat vid en sprinttävling till efterföljande finalheat.

Det är enbart data från sprintprolog samt 5 och 10 km för juniorer och 10 och 15 km för seniorer som presenteras. Dessa tävlingsformer genomförs individuellt och har således mindre påverkan av faktorer som klungkörning, luftmotstånd, taktik med mera. Värdena i tabellerna påverkas av yttre förhållanden så som olika tävlingsorter och banprofiler, väderförhållanden, snökonsistens och höjd över havet med mera. Notera att det är olika tävlingsdistanser mellan könen samt juniorer och seniorer.



VM/OS 2014–2022

Tabell 22
MEDELHASTIGHET HERRAR, 15 KM OCH SPRINT

Klassiskt 15 km	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3	Skejt 15 km	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3
Medel topp-3	23,4	6,5	02:32	0,0 %	Medel topp-3	25,9	7,2	02:16	0,0 %
Medel placering 10	22,8	6,3	02:36	2,8 %	Medel placering 10	25,3	7,0	02:19	2,4 %
Medel placering 20	22,4	6,2	02:39	4,8 %	Medel placering 20	24,8	6,9	02:22	4,4 %
Medel placering 30	22,0	6,1	02:41	6,4 %	Medel placering 30	24,4	6,8	02:24	6,2 %

Sprint klassiskt	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3	Sprint skejt	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3
Medel topp-3	28,1	7,8	02:08	0,0 %	Medel topp-3	31,7	8,8	01:55	0,0 %
Medel placering 10	27,4	7,6	02:11	2,3 %	Medel placering 10	31,1	8,6	01:58	1,9 %
Medel placering 20	27,1	7,5	02:13	3,6 %	Medel placering 20	30,6	8,5	01:59	3,3 %
Medel placering 30	26,9	7,5	02:14	4,5 %	Medel placering 30	30,3	8,4	02:00	4,3 %

Tabell 23
MEDELHASTIGHET DAMER, 10 KM OCH SPRINT

Klassiskt 10 km	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3	Skejt 10 km	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3
Medel topp-3	21,8	6,1	02:46	0,0 %	Medel topp-3	24,4	6,8	02:25	0,0 %
Medel placering 10	21,0	5,8	02:52	3,6 %	Medel placering 10	23,5	6,5	02:31	3,8 %
Medel placering 20	20,6	5,7	02:56	6,0 %	Medel placering 20	22,9	6,4	02:34	6,4 %
Medel placering 30	20,0	5,6	03:00	8,9 %	Medel placering 30	22,5	6,2	02:37	8,4 %

Sprint klassiskt	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3	Sprint skejt	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3
Medel topp-3	25,1	7,0	02:29	0,0 %	Medel topp-3	28,5	7,9	02:06	0,0 %
Medel placering 10	24,4	6,8	02:34	2,8 %	Medel placering 10	27,8	7,7	02:08	2,2 %
Medel placering 20	24,0	6,7	02:36	4,3 %	Medel placering 20	27,5	7,6	02:10	3,6 %
Medel placering 30	23,6	6,6	02:39	6,3 %	Medel placering 30	27,1	7,5	02:12	5,0 %

JVM 2014–2022

Tabell 24
MEDELHASTIGHET HERRJUNIORER, 10 KM OCH SPRINT

Klassiskt 10 km	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3	Skejt 10 km	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3
Medel topp-3	22,3	6,2	02:42	0,0 %	Medel topp-3	25,3	7,0	02:22	0,0 %
Medel placering 10	21,7	6,0	02:47	2,9 %	Medel placering 10	24,4	6,8	02:28	3,8 %
Medel placering 20	21,3	5,9	02:50	4,7 %	Medel placering 20	24,0	6,7	02:30	5,5 %
Medel placering 30	21,0	5,8	02:52	6,1 %	Medel placering 30	23,6	6,5	02:33	7,3 %

Sprint klassiskt	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3	Sprint skejt	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3
Medel topp-3	26,6	7,4	02:15	0,0 %	Medel topp-3	29,9	8,3	01:56	0,0 %
Medel placering 10	26,0	7,2	02:18	2,6 %	Medel placering 10	29,2	8,1	01:59	2,2 %
Medel placering 20	25,6	7,1	02:21	4,3 %	Medel placering 20	29,1	8,1	02:00	3,3 %
Medel placering 30	25,3	7,0	02:22	5,5 %	Medel placering 30	28,5	7,9	02:02	5,1 %

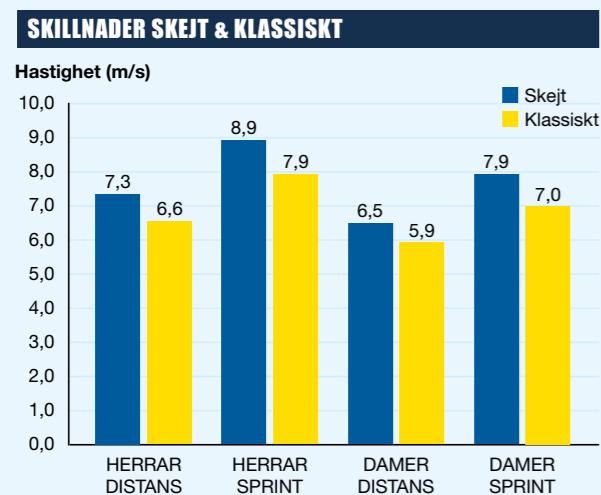
Tabell 25
MEDELHASTIGHET DAMJUNIORER, 5 KM OCH SPRINT

Klassiskt 5 km	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3	Skejt 5 km	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3
Medel topp-3	20,6	5,7	02:56	0,0 %	Medel topp-3	22,4	6,2	02:41	0,0 %
Medel placering 10	19,8	5,5	03:02	3,8 %	Medel placering 10	21,5	6,0	02:48	4,2 %
Medel placering 20	19,4	5,4	03:07	6,3 %	Medel placering 20	20,9	5,8	02:53	7,0 %
Medel placering 30	18,9	5,3	03:11	8,8 %	Medel placering 30	20,5	5,7	02:56	9,0 %

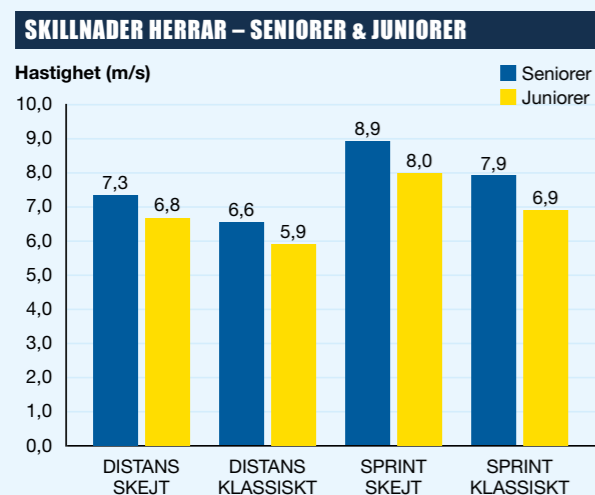
Sprint klassiskt	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3	Sprint skejt	km/h	m/s	tid/kilometer (mm:ss)	diff topp-3
Medel topp-3	23,1	6,4	02:35	0,0 %	Medel topp-3	26,0	7,2	02:17	0,0 %
Medel placering 10	22,5	6,2	02:40	2,1 %	Medel placering 10	25,2	7,0	02:21	3,2 %
Medel placering 20	21,9	6,1	02:45	5,8 %	Medel placering 20	24,8	6,9	02:24	5,0 %
Medel placering 30	21,5	6,0	02:58	7,7 %	Medel placering 30	24,4	6,8	02:26	6,6 %

HASTIGHETSSKILLNADER FÖR DISTANS- OCH SPRINTTÄVLINGAR

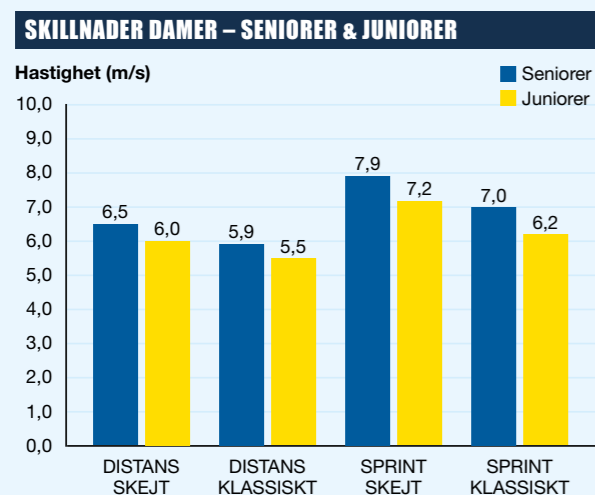
Figur 7



Figur 8



Figur 9



Hastighetsskillnader mellan tävlingsformer och tävlingsklasser

I figurerna 7–9 illustreras hastighetsskillnader för distans- och sprinttävlingar mellan skejt och klassiskt, seniorer och juniorer för herrar (figur 8) och damer (figur 9). Värdena baseras på medelhastigheter för de 30 bästa vid JVM/VM/OS 2014–2021 samt 10 världscuptävlingar säsongerna 2019–2021.

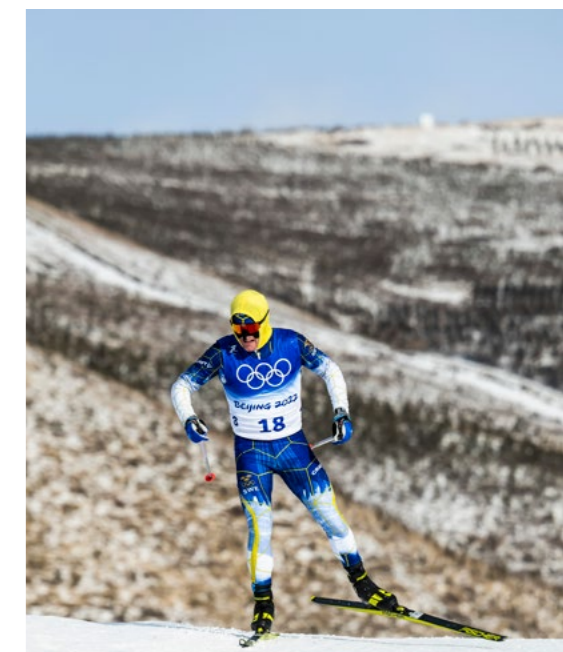
Att jämföra hastighetsskillnader inom längdskidåkning är svårt utifrån tidigare resonemang kring yttre förhållanden. Tabellerna 22–25 och figurerna 7–9 ger en generell bild kring hur det sett ut perioden 2014–2022. Noterbart är att historiskt har åkshastigheten ökat (se figur 1 och 2). Men ur ett kortsiktigt perspektiv (år 2014–2022) är hastigheterna mer stabila och det är i större grad de yttre förutsättningarna vid en specifik tävling som påverkar hastigheten.

Resultatprofil för framgångsrika distans- och sprintåkare

Kvaliteter som krävs för att vara internationellt konkurrenskraftig inom sprint respektive distans tycks till hög grad överlappa varandra. En analys av världscup- och OS-säsongen 2021/2022 gör gällande att av de:

- 18 herråkarna som under säsongen nådde minst en pallplats vid en distanstävling, gick tio vidare från en sprintprolog (30 bästa) och sju vidare till semifinal (tolv bästa).
- tolv herråkarna som tog minst en pallplats i sprint, tog sju världscuppoäng i distanstävlingar (30 bästa).
- 14 damåkarna som under säsongen nådde minst en pallplats på en distanstävling, gick tio vidare från en sprintprolog (30 bästa) och nio vidare till semifinal (tolv bästa).
- tolv damåkarna som tog minst en pallplats i sprint tog tio världscuppoäng i distanstävlingar (30 bästa).

Ovanstående kan ses som en indikation på att de egenskaper som krävs för att nå internationell toppnivå inom distans- eller sprintskidåkning ställer höga krav på en bred kapacitetsprofil. Få satsar på endast antingen sprint eller distans. Skall den aktive vinna den totala världscupen krävs dessutom att den aktive tävlar i båda disciplinerna.





Farthållningsstrategier

Inom alla uthållighetsidrotter är valet av farthållningsstrategi en viktig komponent för optimal prestation. Tidsvinster kan uppnås genom att hastigheten anpassas till terräng, vindmotstånd och individens fysiologiska samt biomekaniska förmåga (skidteknik). En optimerad farthållningsstrategi inom uthållighetsidrotter handlar om att optimera sin egen fysiologiska motor, det vill säga att uppnå sin fulla potential. Grovt sett påverkar arbetets längd tillsammans med individens fysiologiska förmåga vilken typ av farthållningsstrategi som är fördelaktig^{57,58,59}.

Anaeroba energiprocesser är en viktig komponent när det handlar om att reglera intensitetsbelastning. Vid längdskidåkning är arbetsintensiteten markant högre vid uppförsåkning gentemot åkning på plattare terräng relaterat till en högre anaerob energiproduktion. Aeroba energiprocesser dominerar vid längdskidåkning och utgör cirka 97 % vid ett 15 km distanslopp och mellan 70–80 % vid sprinttävlingar. Den resterande anaeroba energikomponenten är dock av stor betydelse eftersom banprofilens variation påverkar intensitetsprofilen^{51,57}. Som tidigare nämnts bör det poängteras att aeroba och anaeroba energisystemen till viss del är integrerade^{4,51}. Exempelvis kan den anaeroba arbetsförmågan delvis betraktas som ett "batteri" som främst nyttjas vid åkning i uppförsbackar och som i viss mån återladdas aerobt vid åkning i nedförsbackar. Det gör att anaerob arbetsförmåga även är av stor betydelse för att den aeroba förmågan ska kunna nyttjas på ett bra sätt.

Ett vanligt problem, speciellt för yngre idrottare (ungdomar och juniorer), är en alltför aggressiv farthållningsstrategi. Den aktive startar ett skidlopp på en alltför hög belastning och sedan "väggar" (tar slut) någonstans halvvägs under tävlingen⁶⁰. Den så kallade "vägg" av trötthet borde vid ett mer optimalt skidlopp ha inträffat vid målgång⁶¹. Ett individuellt skidlopp bör dock vara mycket ansträngande redan från start. Tröttheten ska vara hanterbar så att den aktive kan bibehålla en god åkteknik och erhålla viss återhämtning vid utförskörningar och andra lättare partier av banan. Om skidåkaren vet (eller tror) att hen missar lite på farthållningsstrategin och går ut för hårt så kan hen exempelvis vid uppvärmningen fokusera på att försöka hitta ett stabilt flyt och lugn. Skidåkaren kan då ha som målsättning att försöka köra tävlingen på en lite jämnare hastighet/arbetsbelastning. Att ändra strategi och genomföra tävlingar med jämn hastighet/arbetsbelastning visade sig vara mer fördelaktigt hos de norska junioråkare som brukade starta skidåvlingar lite för offensivt⁶⁰.

I tillägg kan farthållning ses utifrån ett mekaniskt perspektiv där en jämnare hastighet kan minska luftmotståndet⁵⁸. Detta gör skidåkaren om den arbetar något hårdare i uppförsbackar än på övriga banpartier. Vanligtvis sker det naturligt med tanke på banprofilens variation. Förmågan att tolerera en stor intensitetsvariation är något som kan tränas upp och troligtvis även relaterat till fenomenet "att vara i form"⁵⁶. Genom en snabb acceleration vid starten av ett skidlopp och upp till en stabil tävlingsfart, som kan bibehållas, kan den aktive spara energi. Utifrån ett fysiologiskt perspektiv har det visat sig påskynda de aeroba energiprocesserna^{58,62}.

Vid val av farthållningsstrategi bör även luftmotståndets inverkan på prestation beaktas. Luftmotståndet beror på den relativa hastigheten mellan skidåkaren och omgivande luft samt frontalarean inklusive andra aerodynamiska aspekter^{58,63}. Utifrån ett mekaniskt perspektiv är det därför bättre att hålla en högre arbetsintensitet vid medvind och en lägre arbetsintensitet vid motvind⁶⁴. Det innebär dock endast marginella skillnader eftersom arbetsbelastningen behöver vara på en hög nivå under en hel tävling oavsett vindförhållanden. En skidåkare har således större fördel att ligga bakom en annan åkare vid hög hastighet och/eller vid motvind jämfört med låg hastighet och/eller medvind⁵⁸. Detta är något som bör beaktas vid utbrytningsförsök och ryck. Att strategiskt göra bra val när det handlar om utbrytningar är ofta avgörande inom längdskidor.

Vid längdskidåvlingar med individuell start kan det också vara fördelaktigt att starta målspurten ganska tidigt med en något fallande arbetsintensitet in mot mål. Syftet är att säkerställa ett totalt nyttjande av den anaeroba kapaciteten⁵⁸. Det är värt att tänka på att man ofta kan ta ut sig lite mer än man tror, det vill säga att det finns oftast en energireserv kvar även när man känner sig helt utmattad och "maximalt" trött^{65,66,67}. Smärttröskeln är troligtvis något som tränas upp vid högtintensiv träning och tävling.

Hur kan den aktive tänka vid olika tävlingssituationer?

En effektiv farthållning skiljer sig såklart mellan tävlingar med individuell start och masstart^{68,69}. Vid masstartslupp kostar det extra mycket energi att gå upp i ledning eller att dra ifrån på platta banpartier där hastigheten är hög. Därför är utbrytningsförsök i uppförsbackar, eller i medvind, mer fördelaktiga rent mekaniskt. Vid masstartslupp bygger även farthållning på att skidåkaren värderar sina egna kvalitéer mot konkurrenternas och bygger upp sin taktik utifrån det⁶⁸. Vid en individuell sprintprolog har det visat sig att en hög aggressiv utgångsfart är fördelaktigt över den första tredjedelen av banan, med en viss sänkning under mittpartiet och en fartökning under den sista delen av banan. Det har visat sig vara bättre att starta en sprintprolog lite för hårt än att starta för lugnt eftersom förlorad tid mycket sällan kan tas igen under senare delen av loppet^{4,70}.

När det gäller tävlingstrategi vid ett sprintheat så blir betydelsen av taktiska komponenter av stor betydelse. Det gäller både val av heat och hur den aktive strategiskt tänker innan och under ett enskilt sprintheat. Här bör den aktive värdera flera aspekter (egna kvalitéer gentemot medtävlare och så vidare) och hur dessa inverkar mot sannolikheten för vidare avancemang och ett lyckat slutresultat.

En studie som genomfördes på Nationellt Vintersportcentrum visade att mer vila mellan kvartsfinalen och semifinalen (det vill säga KF1 ⇒ SF1 jämfört med KF5 ⇒ SF2) samt mellan semifinalen och finalen (det vill säga SF1 ⇒ F jämfört med SF2 ⇒ F) ledde till bättre prestation i finalen⁷¹. Det verkar därmed vara fördelaktigt att välja en tidigare kvartsfinal, som även ger större chans till en så kallad "lucky loser" placering (på grund av snabbare åktider i KF1 och KF2). Däremot har en relativt sämre sprintåkare en större chans att ta sig vidare till semifinalen genom att välja en senare kvartsfinal.

"FARTHÅLLNING ÄR NÅGOT SOM FÖRBÄTTRAS ÖVER TID – DESTO FLER ÅR AV TRÄNANDE OCH TÄVLANDE, JU BÄTTRE FARTHÅLLNING."

Vid distanslopp som är 30 km eller längre bör även begränsade glykogendepåer tas i beaktande då dessa kan bli låga mot slutet av en tävling vilket kan försämra prestationen⁷². En jämn intensitetsprofil kan spara på glykogenet i viktiga muskelgrupper. Sportdryck (exempelvis ≥ 90 g/timme med socker innefattande en glukos-fruktos mix) bör intas för att hushålla med lagrade glykogendepåer under en längre längdskidåvling^{73,74}. Ett brett skidtekniskt register där skidåkaren exempelvis använder olika skidtekniska lösningar kan vara fördelaktigt för att fördela arbetet över flera muskelgrupper och därmed minska risken för att de viktigaste musklerna töms på glykogen.

Vid långlopp som utförs med masstart så brukar hastigheten vara extremt hög direkt från start eftersom det är viktigt med en god positionering och att "få en bra rygg". I det fallet blir den ökade risken att tömma en hel del glykogen från viktiga muskelgrupper underordnad. Anaerob kapacitet och maximal snabbhet är av stor betydelse i detta hänseende och det är därför även viktigt för distans-/långloppsåkare att utveckla den anaeroba förmågan. Bra positionering är såklart oerhört betydelsefullt vid masstartslupp och skidåkaren tvingas värdera sin egen tävlingstrategi gentemot sina medtävlades under loppets gång.

Hur kan den aktive träna upp en effektiv farthållningsstrategi?

Först och främst är det viktigt att träna upp en förmåga att åka i hög hastighet samt den anaeroba förmågan för att möjliggöra en effektiv farthållningsstrategi vid längdskidåvlingar. För att optimera olika strategier bör skidåkaren träna de högtintensiva passen på olika sätt med stor variation i intensitet och duration. Exempelvis så kan skidåkaren träna sprintprologsintervaller med olika fartstrategier och därefter utvärdera sin prestation tillsammans med den upplevda ansträngningsgraden. I tillägg är det också av stor betydelse att skidåkaren dagen/dagarna innan en tävling tänker igenom sin farthållningsstrategi utifrån banprofilen. Vid masstartslupp kan skidåkaren ta hänsyn till sina medtävlades förmågor.

För att optimera sin farthållningsförmåga är det bra med en stor variation av intervalltyper som med fördel varvas med en del tröskelträning, tempoträning (omkring tävlingsfart), träningsstävlingar och såklart vanliga tävlingar. Farthållning är något som förbättras över tid – desto fler år av tränande och tävlande, ju bättre farthållning. Om den aktive regelbundet reflekterar kring betydelsen av farthållning gentemot prestation i sin träningsvardag kan dessa aspekter troligtvis förbättras/optimeras.

8 Träningsinnehåll

I det här kapitlet presenteras erfarenheter och träningsdata från hur framgångsrika längdskidåkare inom internationell seniorelit har tränat. Det görs genom sammanfattningar av forskningsartiklar inom området samt en sammanställning av en intervjuenkät som framgångsrika svenska längdskidåkare har svarat på. Intervjuenkäten belyser även träning, återhämtning och tävling i junioråldern.

Grundläggande och tillämpad kunskap om träningsprinciperna är betydelsefullt vid planering, genomförande samt utvärdering av träning. Här kommer en sammanfattning av träningsprinciperna, vilket underlättar vidare läsning^{75,76}.



Träningsbelastning

Träningsstid, träningsintensitet och träningsfrekvens.



Kompensation

Återhämtning genom energiintag, vila och sömn.



Kontinuitet

Varaktighet över tid genom regelbunden träning.



Progression

Successivt ökad belastning.



Specificitet

Idrottspecifik träning.



Systematik

Planera, genomföra och utvärdera.



Variation

Variera träningsmetod (t.ex. aktivitet, terräng och underlag), -tid, -intensitet och -hastighet.

Inledningsvis ska det poängteras att det finns utmaningar med att dra slutsatser av olika träningsstudier. Rapporterad träning i dessa studier bygger till stor del på träningsdata från träningsdagböcker där aktiva registrerat träning utifrån upplevd ansträngning och/eller data från pulsklockor. Hur varje enskild aktiv registrerar träningsdata kan skilja från individ till individ eftersom det beror på den aktives subjektiva uppskattningar.

Beräkningsmodeller för träningsbelastning (träningsintensitet och träningsstid) kan skilja sig åt i olika studier och hur olika aktiva registrerar träning. Därmed kan det vara svårt att jämföra registrerad träningsdata. Dessutom visar retrospektiva studier information om vad en individ eller grupp gjorde vid en viss tidpunkt, som inte är samma sak som att undersöka vad som faktiskt hade varit "bäst" att göra.

Prospektiva träningsstudier med idrottare är nästan omöjliga att genomföra i verkligheten på grund av alla varierande prestationsfaktorer som påverkar resultatet. Det finns begränsningar i vilka variabler som kan isoleras och mätas för att kunna svara på specifika frågor. I tillägg finns det mentala, logistiska och sociala aspekter i träningen som sällan tas hänsyn till i dessa typer av studier. Trots det kan man få en grov bild från dessa studier som visar relevanta träningsfaktorer för uthållighetsidrottare och längdskidåkare.



Den nödvändiga distansträningen⁷⁷ och Intervallträning som ger guld⁷⁸ som presenteras i tidskriften *Svensk Idrottsforskning* visar ett tydligt samband mellan träningsstid och prestation. En grundläggande princip är att en förmåga som byggs upp snabbt också förloras snabbt. För att en förmåga ska vara stabil och varaktig över tid krävs en kontinuerlig träningsprogression. Detta gäller i stort sett oavsett egenskap⁷⁵. Generellt gäller också att den aktiva snabbare förlorar en fysiologisk kvalitet (vid helt utebliven träning) gentemot tiden det tar att träna upp den till ursprungsnivån⁷⁹.

Det är främst träningsstid och träningsintensitet som påverkar den totala träningsbelastningen. För att klara av en stor träningsvolym behöver den övervägande andelen träning vara lågintensiv då det innebär en alltför hög belastning att genomföra högintensiva pass dag efter dag under en längre tid. Ju hårdare ett träningspass har varit, desto längre tid tar det innan du är helt återhämtad och kan köra nästa pass med bra resultat. Lugnare pass måste därför schemaläggas mellan de högintensiva passen för att kroppen ska hinna återhämta sig. Denna balans är oerhört viktig och energiintaget bör även vägas in i sammanhanget. Högintensiv träning kräver välfyllda glykogendepåer vilket gör att kolhydratintaget bör vara tillräckligt högt dagen/timmarna innan och under ett högkvalitativt pass. En hög total träningsvolym kan göra att den aktiva behöver inta extra mycket energi in mot dessa prioriterade högintensiva pass. Med hänsyn till den totala träningsbelastningen är det även viktigt att väga in andra stressfaktorer i idrottarens liv (till exempel skola/job, resor, brist på sömn, emotionella stressorer med mera)⁸⁰.



Grunden för intervallbetonad träning är att dela upp ett hårt träningspass i mindre delar med viloperioder mellan. På så sätt möjliggörs en större mängd ackumulerat arbete i den högintensiva träningen.

Det finns en rad parametrar som kan ändras i ett intervallpass (HIT):

- ▶ arbetsintensitet på varje intervall
- ▶ längd/tid på intervallen
- ▶ längd/tid på återhämtningen
- ▶ arbetsintensitet under återhämtningen
- ▶ antalet intervaller

Intensiteten behöver vara > 90 % av maximal hjärtfrekvens för att förbättra lokal kapacitet genom ökad kapillarisering, fler och större mitokondrier samt ökad enzymaktivitet i och kring typ II -fibrerna. Den centrala kapaciteten ökar genom förbättring av hjärtats volym, väggjocklek och kontraktilitet. Detta sker genom ett stort behov av syre vilket leder till en hög slagvolym (maximal eller nära maximal), hög hjärtminutvolym samt arbete mot högt systoliskt blodtryck. Ett mål med träningen är att spendera så lång tid som möjligt på eller nära VO_{2max} .

Sammanfattningsvis, för vältränade uthållighetsidrottare har lågintensiv träning stor effekt på arbetsekonomi och nyttjandegrad eftersom den totala träningsstiden i låg intensitet möjliggör större mängd repetitioner och har positiva effekter för lokal kapacitet. Högintensiv träning har stor effekt på idrottarnas VO_{2max} genom förbättrad slagvolym. Det sker även en stor effekt på typ II-fibrerna samt förmågan att producera och eliminera laktat. Träning kring den anaeroba tröskeln utvecklar förmågan att ligga närmare sitt VO_{2max} över tid, vilket brukar kallas för ökad nyttjandegrad. När det gäller träningsrespons så har det totala träningsinnehållet över tid stor betydelse för högre prestationsnivå⁷⁸.

Nedan sammanfattas genomförd träning per år från norska och svenska distans- och sprintåkare som tagit medalj vid internationella seniormästerskap (OS eller VM)⁴⁷:

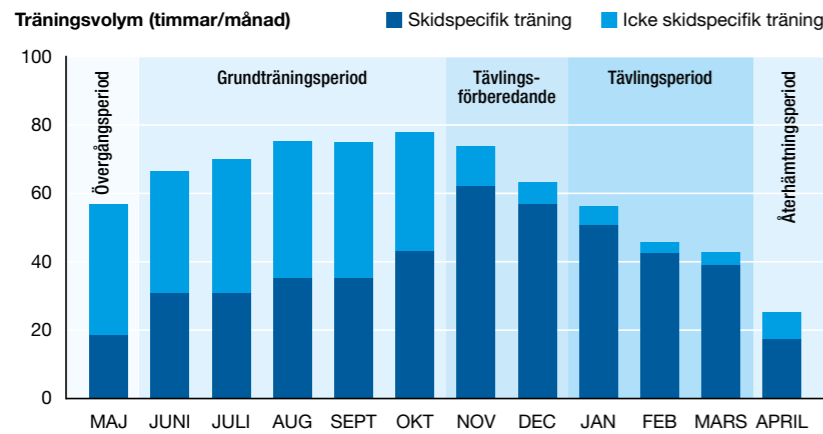
DISTANSÅKARE

- Totalt, 800–900 timmars träning där 85 % var aerob uthållighetsträning.
- 500–600 timmar eller 300–350 träningspass i låg intensitet (60–80 % av maximal hjärtfrekvens).
- 30–40 träningspass i medelintensiv intensitet (80–90 % av maximal hjärtfrekvens).
- 60–70 träningspass i hög intensitet (> 90 % av maximal hjärtfrekvens).
- 5–15 träningspass anaerob laktacid (höga laktatnivåer).
- Systematisk utveckling av power och hastighet genom hela säsongen, med ett pass höghastighetsträning, två eller tre pass med korta impulser och ett eller två pass med styrketräning varje vecka.
- 400–500 timmar med skidspecifik träning (längdskidor, rullskidor, skidgång).
- Lika stort fokus på träning uppför, platt och varierad terräng.

SPRINTÅKARE

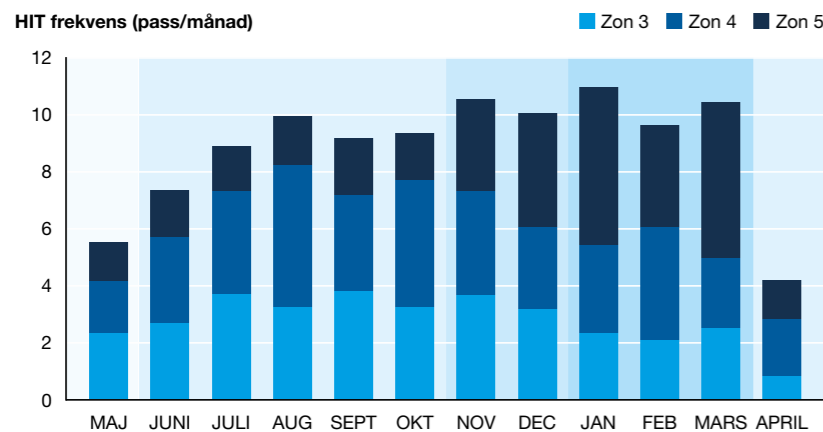
- Totalt, 750–850 timmars träning där 75–80 % var aerob uthållighetsträning.
- 450–500 timmar eller 300 träningspass i låg intensitet (60–80 % av maximal hjärtfrekvens).
- 25–30 träningspass i medelintensiv intensitet (80–90 % av maximal hjärtfrekvens).
- 50–60 träningspass i hög intensitet (> 90 % av maximal hjärtfrekvens).
- 15–25 träningspass anaerob laktacid (höga laktatnivåer).
- Systematisk utveckling av power och hastighet genom hela säsongen, med ett eller två pass höghastighetsträning, två eller tre pass med korta impulser och två pass med styrketräning varje vecka.
- 400–500 timmar med skidspecifik träning (längdskidor, rullskidor, skidgång).
- Övervägande träning i platt och varierad terräng.

Figur 10
MÅNADSVIS FÖRDELNING AV ANTALET TIMMAR I SKIDSPECIFIK OCH ICKE SKIDSPECIFIK TRÄNING



Figur 11
ANTALET HÖGINTENSIVA PASS PER MÅNAD

Zon 1 till 5 är enligt den norska instensitetsmodellen.



I en annan artikel analyserades elva aktiva längdskidåkare och skidskyttars träning under ett år. Samtliga har tagit minst ett individuellt guld vid OS och/eller VM. Träningsåret fördelades i fem perioder, varav studien fokuserade mest på period två till fyra⁸¹:

1. Övergångsperiod (maj)
2. Grundträningsperiod (juni–okt)
3. Tävlingsförberedande period (nov–dec)
4. Tävlingsperiod (jan–mars)
5. Återhämningsperiod (april)

I snitt tränade gruppen 800 timmar fördelat på 500 pass varav 500 timmar var skidspecifik träning. Av all träning som genomfördes var 94 % aerob uthållighetsträning och av detta bestod 90 % av tiden i lågintensiv träning (LIT, I1–I2 i den norska modellen för intensitetszoner). Den högintensiva träningen (HIT, I3–I5 i den norska modellen för intensitetszoner) utgjorde 10 % av den aeroba uthållighetsträningen⁸².

Av antalet träningspass karakteriserades 23 % som HIT och det var små skillnader i antalet högintensiva pass per månad från grundträningsperiod till tävlingsperiod. HIT tenderade att bli mer polariserad i tävlingsfasen.



Marit Bjørgen har vunnit sex guldmedaljer vid de olympiska spelen, 18 guldmedaljer vid världsmästerskap och 110 världscupsegrar. Med detta räknas hon som den mest framgångsrika kvinnliga längdskidåkaren någonsin. Hennes genomförda och registrerade träning har sammanställts och analyserats med hjälp av träningsdagbok, intervjuer och fysiologiska tester.

Under de fem mest framgångsrika åren i följd var träningsvolymen 937 ± 25 timmar, fördelat på 543 ± 9 antal träningspass. Fördelningen av den totala träningstiden var 90,6 % uthållighetsträning, 8 % styrketräning och 1,4 % snabbhetsträning. Uthållighetsträningstiden bestod av $92,3 \pm 0,3$ % lågintensiv träning (LIT), $2,9 \pm 0,5$ % medelintensiv träning (MIT) och $4,8 \pm 0,5$ % högintensiv träning (HIT). Den lågintensiva träningen utgjordes av 21 % uppvärmning, 14 % av träningspassen var

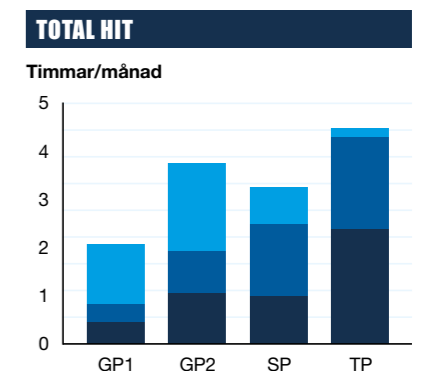
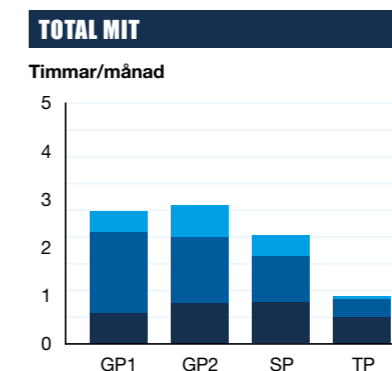
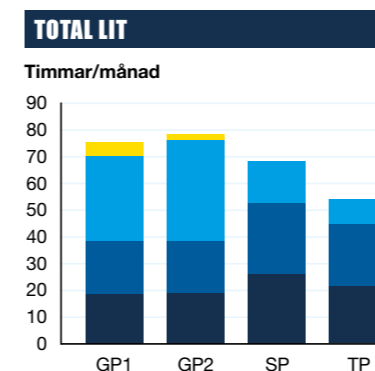
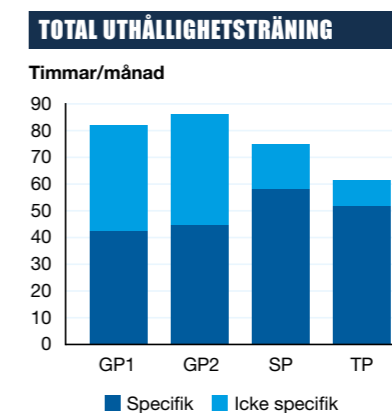
kortare än 90 min och 65 % av träningspassen var längre än 90 min. Antalet lågintensiva träningspass förblev stabilt över alla perioder (32 träningspass). Den totala tiden LIT minskade från grundträningsperioden (GP) (76 timmar/månad) till specifik träningsperiod (SP) (68 timmar/månad) och tävlingsperiod (TP) (55 timmar/månad). MIT-tiden minskade från GP (2,8 timmar/månad) till (2,2 timmar/månad) och TP (1 timme/månad). HIT-tiden ökade från GP (2,8 timmar/månad) till SP (3,2 timmar/månad) och TP (4,7 timmar/månad).

Höghöjdsträningen stod för 18–25 % av den årliga träningsvolymen och genomfördes vid relativt korta perioder (≤ 16 dagar). Det blev då en tydlig minskning av HIT-träning, men ökad total träningsvolym jämfört med träning på havsnivå. Träningen inför internationella mästerskap innehöll två veckor av hög volym LIT och styrketräning följt av en gradvis minskning av träningsvolymen och ökad HIT under den sista veckan inför mästerskapet¹³.

Figur 12
FÖRDELNING AV TOTAL UTHÅLLIGHETSTRÄNING

LIT, MIT och HIT under följande träningsperioder:

GP – grundträningsperiod, maj–okt
GP1 – grundträningsperiod 1, maj–juli
GP2 – grundträningsperiod 2, aug–okt
SP – specifik träningsperiod, nov–dec
TP – tävlingsperiod, jan–mars



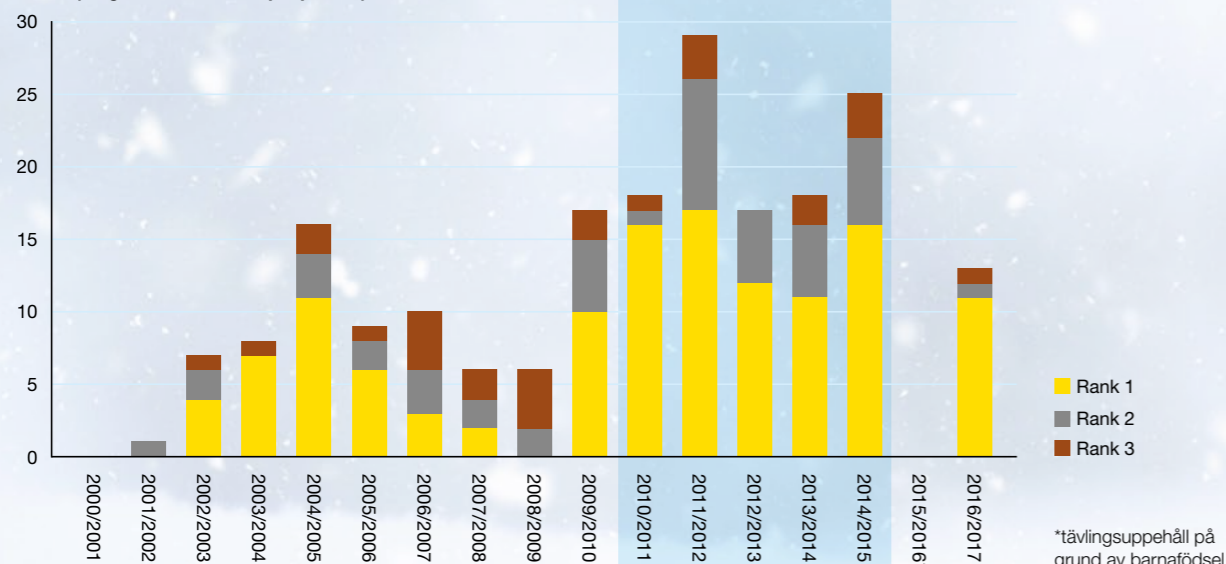
ÅRLIGA TOPP-3 PRESTATIONER OCH ÅRLIGA TRÄNINGSSINNEHÅLLET

Årliga topp tre prestationer (A) i världscupen och internationella mästerskap och årliga träningsinnehållet (B) fördelat på uthållighet (låg-, medel- och högintensiv), styrke- och snabbhetsträning under en 17 årsperiod för världens mest framgångsrika kvinnliga längdskidåkare¹³.

Figur 13a

ÅRLIGA TOPP-3 PRESTATIONER

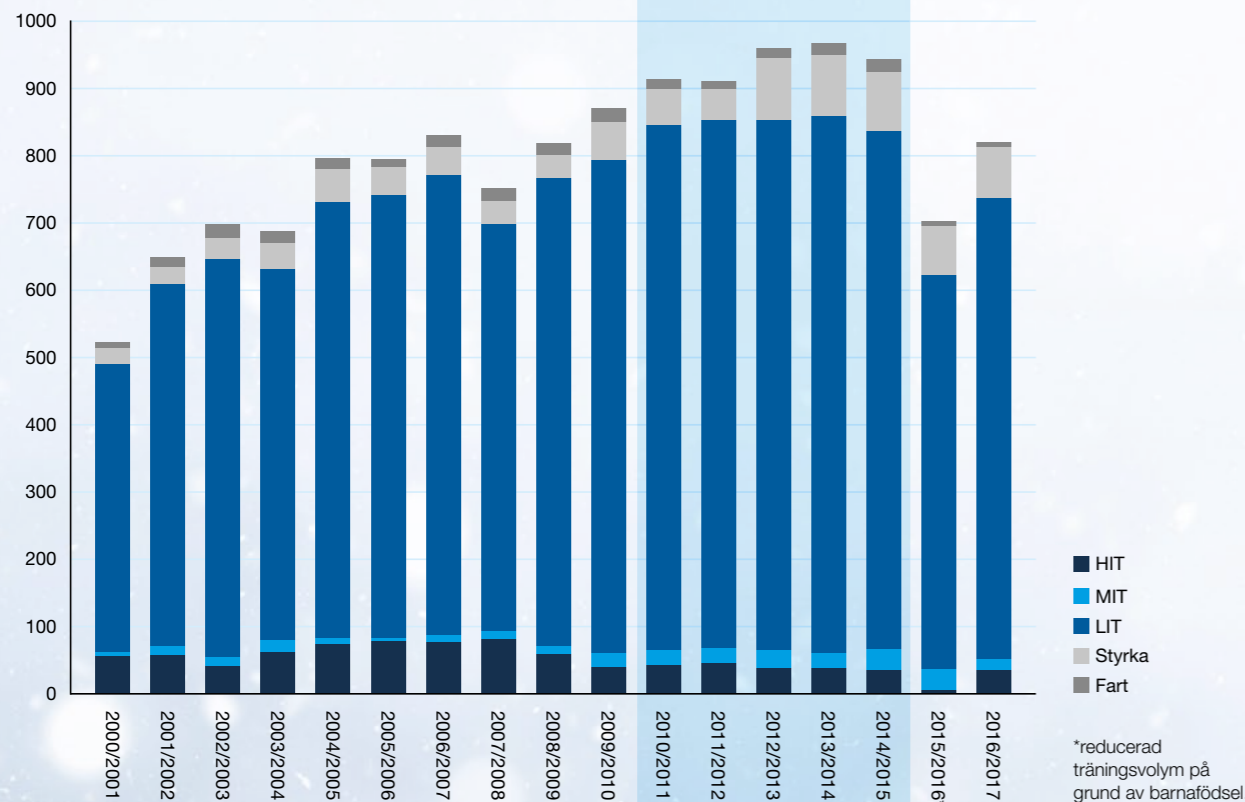
Resultat (årliga internationella pallplatser)



Figur 13b

ÅRLIGA TRÄNINGSSINNEHÅLLET

Total träningsvolym (timmar)



Erfarenheter från svenska längdskidåkare

I en enkätundersökning som genomfördes av Svenska Skidförbundet april 2022 deltog 15 av Sveriges mest framgångsrika längdskidåkare under perioden 2014–2022 (sju damer och åtta herrar). Enkätsvaren ger en uppfattning kring hur dessa aktiva genomfört träning, tävling och återhämtning under aktuell period.

De som svarade på enkäten var 25 år eller äldre, vilket innebar att några fortfarande var aktiva och några hade avslutat sin elitsatsning. Ungefär hälften kategoriserade sig som distansåkare, en fjärdedel som allroundåkare och en fjärdedel som sprintåkare. Samtliga har tagit individuella medaljer, lagmedaljer eller varit topp sju vid något internationellt seniormästerskap (OS eller VM) under samma tidsperiod. Nedan följer en sammanfattning av de aktivas svar kring träning, tävling och återhämtning:

Fram till 16 års ålder var 93 % (antal (n) = 14) aktiva i fler idrotter än längdskidor.

UTHÅLLIGHETSTRÄNING (AI-AIII+):

- Som äldre junior tränade de flesta mellan 500–700 timmar per år.
- Som senior tränade de flesta mellan 700–900 timmar per år.
- 53 % (n = 8) svarade att de kontinuerligt genomförde 85 timmar eller mer uthållighetsträning under vissa träningsperioder (4 veckor). Det skedde oftast 2–4 perioder per träningsår.
- Alla uppgav att de någon gång tränade tillsammans med andra. 40 % (n = 6) genomförde mer än hälften av den totala uthållighetsträningen tillsammans med andra.
- 47 % (n = 7) uppgav att de oftast tränade tillsammans med dem som var på samma nivå som sig själv.
- 27 % (n = 4) uppgav att de oftast tränade tillsammans med dem som var på en högre nivå än sig själv.
- 27 % (n = 4) uppgav att de oftast tränade tillsammans med dem som var på en lägre nivå än sig själv.
- Fler damer än herrar angav att de tränade tillsammans med dem som var på en högre nivå än sig själv.

DISTANSTRÄNING:

- Som äldre junior genomfördes främst distanspass som var mellan 1,5–3 timmar.
- I senioråldern blev skillnaden främst att antalet pass ökade och därmed den totala träningsvolymen.
- På frågan om hur noggrann de aktiva var att hålla AI-puls (60–75 % av maximal hjärtfrekvens) vid distansträning svarade de aktiva följande:
 - Äldre junior: 47 % (n = 7) svarade att de var noggrann vid barmarksträningen och 67 % (n = 10) svarade att de var noggrann vid vinterträningen.
 - Senior: 80 % (n = 12) svarade att de var noggrann vid barmarksträningen och 87 % (n = 13) svarade att de var noggrann vid vinterträningen.
- De aktiva svarade att terrängen brukade vara varierad under distansträningen medan den var mer kuperad ju högre intensitet de hade på sitt träningspass.



HÖG & MEDELINTENSIV TRÄNING

Barmarksträning

Äldre junior

Den effektiva intervalltiden låg oftast (93 % av deltagarna, n = 14) mellan 30–45 minuter.

Senior

Den effektiva intervalltiden under seniortiden hade en större variation än under junioråldern. 80 % (n = 12) svarade att de genomförde ett till två träningspass per vecka med den effektiva tiden över 60 minuter. 93 % (n = 14) uppgav att de genomförde ett till två träningspass per vecka med den effektiva tiden under 30 minuter.

Vinterträning

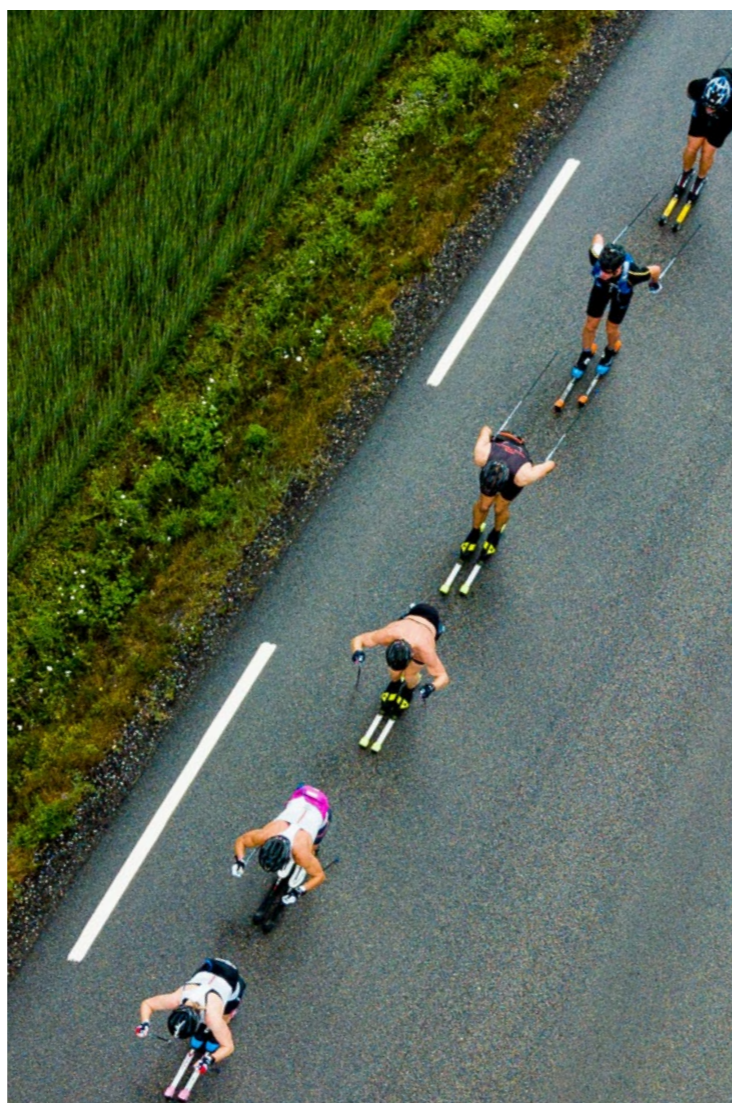
Äldre junior

Det var större variation på den effektiva intervalltiden under vinterträningen jämfört med under barmarksträningen. 100 % (n = 15) genomförde träningspass med den effektiva intervalltiden under 30 minuter (ett till två pass per vecka) och 74 % (n = 11) genomförde träningspass med den effektiva intervalltiden mellan 45–60 minuter (ett till två pass per vecka).

Senior

Det var stor variation på den effektiva intervalltiden, alltifrån under 30 minuter till över 60 minuter. Samtliga (n = 15) svarade dock att de genomförde ett till två träningspass per vecka med den effektiva intervalltiden 45–60 minuter.

Vid intervallträning svarade de aktiva att de, som senior, var mer noggrann med att åka kontrollerat (lika snabbt, samma sträcka och hastighet) jämfört med när de var äldre junior.



SNABBHET, EXPLOSIVITET, STYRKA OCH RÖRLIGHET

När det gäller snabbhet, explosivitet, styrka och rörlighet fick de aktiva svara på frågor med utgångspunkt från när de presterade som bäst i senioråldern.

- Alla uppgav att de genomförde minst ett pass per vecka som innehöll impulser. 80 % (n = 12) genomförde två eller fler pass per vecka som innehöll impulser.
- 87 % (n = 13) genomförde minst ett pass i veckan som innehöll spänst- och hoppövningar.
- Det vanligaste var att de aktiva genomförde ett till två styrkepass per vecka. Detta gällde såväl under barmarksträningen som under vinterträningen. De genomförde oftast övningar med fria vikter.
- 60 % (n = 9) svarade att de genomförde rörlighetsträning minst en gång per vecka.



STYRNING OCH ANPASSNING AV TRÄNINGEN

- De aktiva ansåg att det viktigaste styrmedlet för att anpassa träningen var deras egen känsla.
- 67 % (n = 10) uppgav att pulsen var ett viktigt styrmedel.
- Bland de kvinnliga deltagarna (n = 7) svarade en aktiv att hon justerade sin träning utifrån menscykel/-symtom.

Figur 15

DET VANLIGASTE STYRMEDLEN FÖR ATT ANPASSA TRÄNINGEN

Pulsen var det viktigaste hjälpmedlet

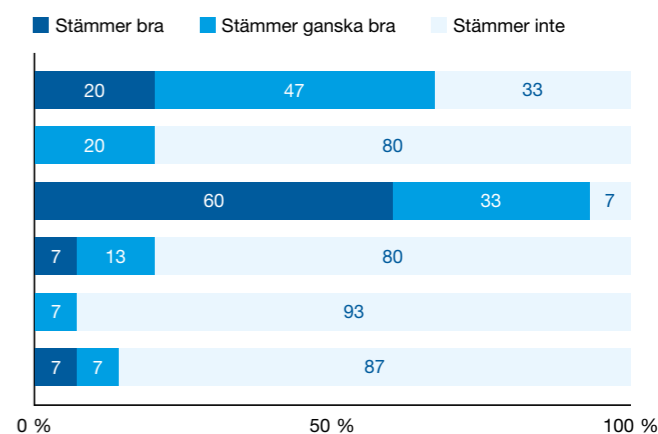
Jag lyssnade nästan uteslutande på min tränare

Känslan (upplevd ansträngning/trötthet) var det viktigaste hjälpmedlet

Laktat var det viktigaste hjälpmedlet

Hastigheten var det viktigaste hjälpmedlet

POMS eller annat självskattningstest var det viktigaste hjälpmedlet



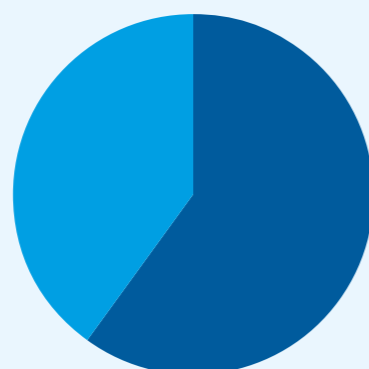
FARTBLOCK ELLER FARTVECKOR

Samtliga (n = 15) svarade att de någon gång under sin karriär hade genomfört fler än tre intervallpass per vecka, så kallade fartblock eller fartveckor.

- 13 % (n = 2) hade genomfört fartveckor eller fartblock under ett till två träningsår.
- 53 % (n = 8) hade genomfört fartveckor eller fartblock under tre till fyra träningsår.
- 33 % (n = 5) hade genomfört fartveckor eller fartblock under fler än fyra träningsår.

Figur 14

ANTAL TILLFÄLLEN PER ÅR SOM DEN AKTIVE HADE GENOMFÖRT FARTBLOCK/FARTVECKOR



1–2 tillfällen/år	60 %	5–6 tillfällen/år	0 %
3–4 tillfällen/år	40 %	> 6 tillfällen/år	0 %



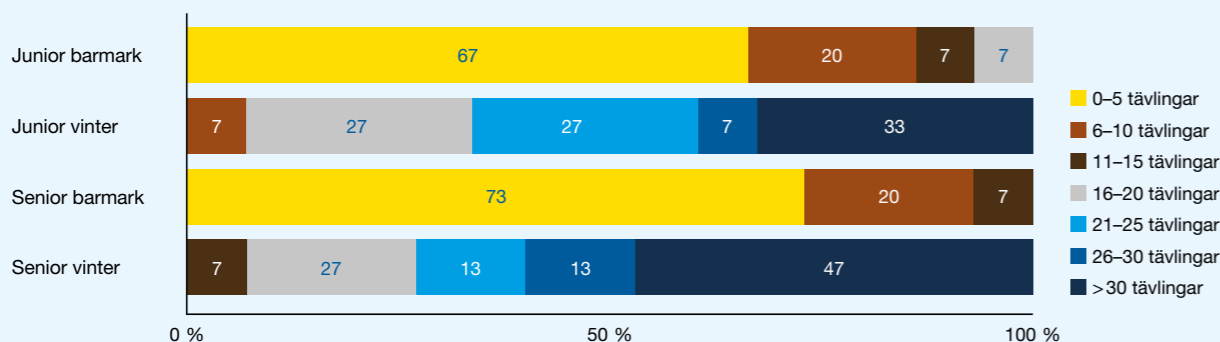
TÄVLING

Gällande tävlingsfrekvens var det inte några större skillnader mellan junior- och seniortiden. Som äldre junior deltog de aktiva i något fler tävlingar under barmarkssäsongen jämfört med när de var senior. Andelen som deltog i fler än 30 skidtävlingar per säsong ökade däremot som senior.

Figur 16
ANTAL TÄVLINGAR UNDER ETT ÅR

Hur mycket tävlade du per säsong?

Barmark: Tävlingar i konditionsidrotter.
Vinter: Längdskidtävlingar



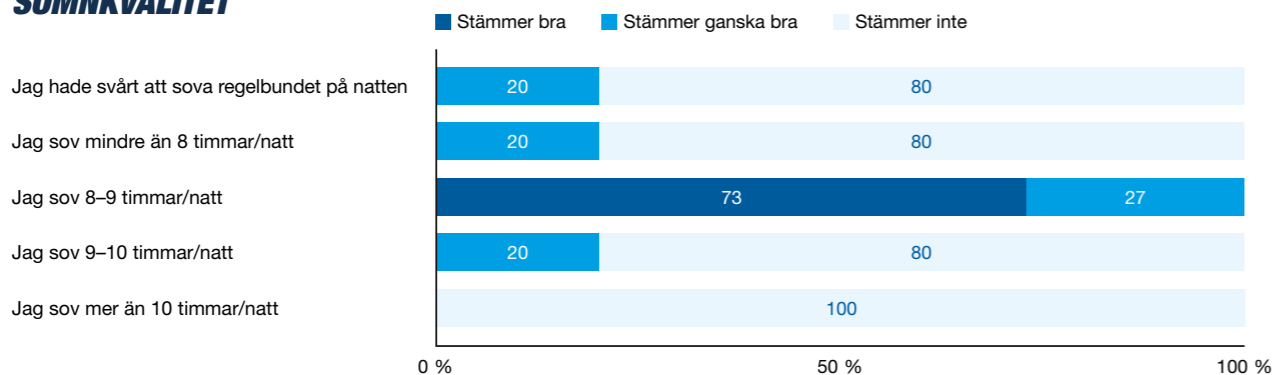
ÅTERHÄMTNING, SÖMN OCH ENERGINTAG

När det gäller återhämtning, sömn och energiintag i samband med träning fick de aktiva svara på frågor med utgångspunkt från när de presterade som bäst i seniortiden.

- Samtliga (n = 15) svarade att de oftast intog sportdryck eller annan energi under högintensiva pass och/eller längre pass.
- 86 % (n = 13) uppgav att de intog återhämtningsdryck/-mål efter passen.
- Samtliga (n = 15) genomförde oftast nedvarning efter högintensiv träning eller tävling.
- 73 % (n = 11) uppgav att de sov mellan 8–9 timmar per natt.
- 47 % (n = 7) uppgav att de vilade 30–60 minuter mellan två träningspass som genomfördes samma dag.
- 20 % (n = 3) vilade regelbundet mer än en timme mellan två träningspass som genomfördes samma dag.



Figur 17
SÖMNKVALITET



Sammanfattning kapitel 8

De flesta längdskidåkarna har varit aktiv i flera idrotter fram till 16 års ålder, vilket stärker tesen om betydelsen av allsidighet. I junioråldern har träningsvolymen varierat mellan 500–700 timmar uthållighetsträning. Som junior var de inte lika noggrann att hålla ner pulsen under distansträningen, vilket tyder på att träningen inte var lika polariserad som under seniortiden.

Träningsvolym

Enligt ovan beskrivna studier och enkätundersökning kan det konstateras att det för världseliten krävs träningsvolymerna mellan 700–900 timmar. Det gäller såväl sprint- som distansåkare. Noterbart är att cirka 60 % av träningen är grenspecifik (längdskidor, rullskidor, skidgång eller stakergometer), vilket tyder på att även världseliten tränar relativt varierat och allsidigt. Den största träningsmängden genomförs under sommarhalvåret i samband med uppbyggnadsperioden. Många aktiva hade träningsvolymerna på över 85 timmar under en eller flera fyraveckorsperioder. Jämfört med barmarkperioden var de mer noggrann med att anpassa distanspassens intensitet efter puls under tävlingsssäsongen.

Banprofil

För distansåkare genomfördes träningen lika mycket uppför, platt och i varierad terräng. För sprintåkarna genomfördes träningen övervägande i platt och i varierad terräng. De svenska längdskidåkarna tränade i varierad terräng under distansträningen medan terrängen blev mer kuperad ju högre intensitet de hade på sitt träningspass.

Medel- och högintensiv träning

Medel- och högintensiv träning inklusive tävling genomfördes i snitt två till tre gånger per vecka. Många aktiva har under delar av sin karriär genomfört fartblock eller fartveckor med fler än tre högintensiva pass per vecka.

Styrke- och snabbhetsträning

Gemensamt för studierna och enkätundersökningen är att seniortiderna i snitt har genomfört styrketräning en till två gånger per vecka. Det samma gäller snabbhetsträning (impulser, höghastighetsträning och explosiva övningar) som genomfördes två till tre gånger per vecka.





9 Vad händer i framtiden?

Dick Fosbury uppfann den nya hopptekniken i höjdhopp. Bill Koch var en pionjär inom utvecklingen av skejttekniken på längdskidor. Jan Boklöv introducerade v-stilen inom backhoppning. Marit Bjørgen genomförde fartblock, Björn Lind utvecklade den så kallade kängurustakningen och Johannes Høstflot Kläbo utvecklade springdiagonalen på längdskidor. Alla hade samma syfte, att förbättra sina prestationer och resultat.

Ofta är det idrottsutövarna själva som leder utvecklingen inom sina respektive idrottsgrenar. Det kan vara alltifrån teknik- eller materialfrågor till effektivare träningsmetoder, återhämtningsstrategier och mycket mer. En förändring eller utveckling inom ett område leder många gånger till utveckling inom andra områden. Vad hade till exempel skejtingtekniken varit om tävlingsarrangörerna inte börjat använda skotrar och pistmaskiner vid spårpreparering? Pistad och packad snö samt bredare preparerade banor har i sin tur lett till en rad olika utvecklingsmöjligheter på materialsidan. Några exempel är mindre och lättare stavtrugor, styvare stavar och hårdare spann på skidorna. Det har i sin tur lett till högre hastigheter vilket har fört med sig utveckling inom skidteknik och träningsmetodik. Även om det är svårt att förutspå nästa steg i utvecklingen kan vi identifiera ett antal faktorer som på olika sätt kan bidra till utveckling av längdskidsporten. Dessa faktorer lyfts fram i detta kapitel.

Klimatförändringar

Den globala uppvärmningen med klimatförändringar har stor inverkan på vinteridrotten. Ofta ser vi det ur ett negativt perspektiv. Om vi bortser från snöfria vintrar, extremväder samt miljöförstöring och i stället inriktar oss på hur det kan utveckla vår idrott finns det ett antal aspekter att belysa.

Utvecklingen av snöotverkning, konstsnöspår och skidtunnlar ökar möjligheterna för att utöva längdskidor på fler breddgrader och i synnerhet i mer befolkningstäta områden.

På grund av snöfattiga vintrar har bansträckningarna förändrats vid tävling på längdskidor. Det har inneburit fler varv på kortare slingor med anpassade banprofiler. Längre sammanhängande uppförs-, utförs- eller platta partier är inte lika vanligt som tidigare. Därför har fler faktorer utöver VO₂max fått en stor betydelse för prestation i längdskidor. Arbetsökonomi, anaerob kapacitet, anaerob maximal effekt, teknik, växlingar mellan olika deltekniker och fartstrategier är exempel på faktorer som har större betydelse än tidigare.

Anpassade träningsmetoder, uppföljning och teknisk utrustning kan vara några delar som kan utveckla den aktives prestationsförmåga inom dessa faktorer.

Rullskidor som till en början var ett grenspecifikt träningsredskap under barmarksträningen har under de senaste årtiondena även utvecklats till en tävlingsidrott. Numera arrangeras det tävlingar på rullskidor och fler länder satsar på ett rullskidlandslag. Det säljs mer rullskidor än någonsin, även motionärer och unga skidåkare åker mer rullskidor än tidigare. Ökat rullskidanvändande kan göra idrotten mer global då snöotillgången inte blir en begränsande faktor.

I spåren av klimatförändringarna görs försök att bromsa miljöförstörelsen, vilket bland annat innebär förbud eller begränsningar för miljöförstörande produkter, tjänster och beteenden. Ett tydligt sådant förbud inom längdskidåkning är när fluorförbudet träder i kraft. Det kommer i första hand tvinga vallfabrikanterna och serviceteamen att ställa om för att hitta nya produkter och tillvägagångssätt för att optimera skidornas egenskaper för glid och fäste. Historiskt sett har materialutvecklingen bidragit till stora förändringar inom längdskidåkning.

Vallning och utrustning

I flera idrotter på högsta elitnivå kan små skillnader i material och utrustning vara avgörande faktorer i jakten på medaljer. Här skiljer sig inte längdskidåkning mot andra idrotter. Rent teoretiskt så bör till exempel 1 % skillnad i glid på 30 minuters åkning göra cirka 18 sekunders skillnad. Det ska dock poängteras att fler aspekter kring skidans egenskaper påverkar resultatet.

Vallnings- och utrustningsindustrin inom längdskidor har länge samarbetat med kemister och andra sakkunniga. Landslagen och de olympiska förbunden i till exempel Sverige och Norge lägger förhållandevis stora resurser på forskning och utveckling inom dessa områden. Anledningen till att de prioriterar att lägga stora resurser på detta beror främst på att längdskidåkning är en relativt liten idrott. Bedömningen är att det finns mycket kvar att utveckla gällande utrustning och vallning. Här följer några exempel på områden som påverkar prestationen och är aktuella i dagsläget:

Skidor

Valla, struktur, belag och skidans uppbyggnad samt hur dessa faktorer påverkar och står i förbindelse till varandra.

Stavar

Stavens styvhet och pendel, trugans utformning, handtaget och handremmen.

Pjäxor

Pjäxans uppbyggnad för följsamhet och stabilitet samt kraftöverföring till bindning, skida och underlag.

Arbetsätt

Serviceteamens handlag, arbetsätt och metodik för att i första hand nå optimala resultat och sedan kunna upprepa proceduren på fler par skidor och vid fler tillfällen.



Innovation och teknik

Inom längdskidor har det varit svårt att i fält mäta och uppskatta hur en prestation står sig i tävlingsammanhang. Jämför vi med till exempel banlöpning eller simning så kan utövare och tränare utifrån varvtider på en löparbana eller bassänglängder få en rimlig uppfattning om prestationsnivå kopplat till resultat. Via dagens lättillgängliga teknik i telefoner, surfplattor, kameror, pulsklockor, GPS, effektmätare med mera är det möjligt att mäta, registrera och analysera olika faktorer i fält. Aktiva och tränare inom flera idrotter har börjat jobba mer systematiskt med detta. Här kommer några exempel:



Tid

Tid har varit standardmättet inom längdskidåkning för att planera, genomföra och registrera träning. Tid är fortfarande ett viktigt mått då det finns mycket träningshistorik baserat på träningsstimmar. Tillammans med sträcka ger tiden också ett mått för hastighet. Genom GPS-tekniken kan aktiva och tränare idag (2023) analysera träning utifrån sträcka, hastighet och höjdmeter och inte bara tid. Målet är att i större utsträckning säkerställa genomförandets kvalitet, syfte och prestationsutveckling samt monitorera belastning.

Pulsmätare

Via pulsmätare kan aktiva och tränare få kontinuerlig pulsregistrering under hela träningspass. Det finns lättillgängliga mjukvaruprogram för överföring av pulsdata som kan registreras och analyseras. Som tränare kan du numera följa aktivas puls i realtid. För många är detta ett viktigt hjälpmedel vid genomförande och uppföljning av fysisk status, träningsbelastning och -kvalité.

GPS-tekniken

GPS-tekniken ger även möjligheter att analysera farthållningstrategier. Till exempel, vid en given intervallslängd som upprepas flera gånger, får man tid, hastighet och puls. Inte bara på hela intervallen utan även på mer specifika delar och partier av sträckan.



Mätning av höjdmeter

Tävling på längdskidor genomförs i varierad terräng, därför är det viktigt att kunna åka effektivt i alla terrängpartier. Generellt innebär fler höjdmeter under ett träningspass lägre hastigheter samt aktivering av mer muskelmassa. Det blir således högre energiomsättning och belastning. Medan färre höjdmeter på ett träningspass generellt innebär högre hastigheter och aktivering av mindre mängd muskelmassa samt något lägre energiomsättning och belastning. Genom att mäta höjdmeter på ett träningspass går det i större utsträckning att utvärdera belastning och säkerställa syftet med passet. I träningslabb kan tävlingsbanor och andra banprofiler simuleras utefter aktivas och tränarens syfte med passet.

Kraft- och effektmätning

Kraft- och effektmätning i stavar och i pjäxornas sulor är under utveckling. Linjär enkoder är ett annat verktyg som mäter effektutveckling, acceleration och hastighet på korta sträckor. De kan även skapa ett motstånd för resistanssträning eller draghjälp för överfartsträning. Accelerometrar är ytterligare ett verktyg som antingen finns som enskild enhet eller integrerat i många mobiltelefoner och träningsklockor. De kan också användas för att registrera samt analysera kraft, effekt och rörelsemönster.

Videoanalys

Video har under lång tid varit ett hjälpmedel vid analys av skidteknik. Utvecklingen av exempelvis mobiltelefoner och surfplattor samt mjukvaruprogram har förenklat tillgänglighet och ökat användarvänligheten. Både aktiva och tränare kan analysera skidteknik i realtid. Den snabba utvecklingen inom maskininlärning och kamerasystem möjliggör nya analysmetoder ute i fält, som tidigare endast var möjliga i labbmiljöer. Exempelvis bättre 3D analyser utifrån vanlig 2D videofilm.

Prestationsanalys

I många idrotter samlas det in stora datamängder från de aktiva under träning och tävling. I takt med att sensorer, artificiell intelligens och andra system utvecklas kommer tillgången på data att öka. Det gäller både för "egna aktiva" och konkurrenter. Utvecklingen drivs även av TV- och mediabolagens behov av att skapa mer intressanta kommersiella produkter. Det resulterar i att tränare, aktiva, föreningar och förbund måste höja sina analyskunskaper samt aktivt arbeta med att identifiera vilka parametrar som påverkar prestationen. Att investera i data- och prestationsanalytiker i ett tidigt skede kan löna sig i framtiden. Det har blivit tydligt i många idrotter där den här typen av arbetssätt redan har pågått under många år.

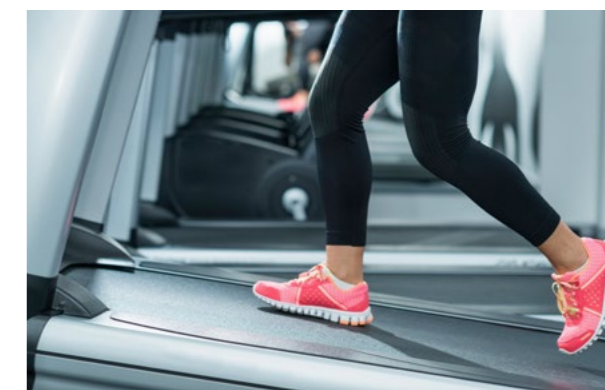
Sensorer

Det finns redan idag (2023) system som kan analysera glukos- och laktatnivåerna i svett. Dessa sensorer utvecklas i snabb takt och lär snart finnas kommersiellt tillgängliga. Inom några år kan det vara möjligt för aktiva att kontrollera sina laktatnivåer i realtid, precis som dagens pulsmätning.

Utvecklingen kring tryckta och mjuka sensorer går också snabbt framåt. Sensorer för exempelvis tryck, temperatur, vibrationer och fukt kan komma att vara insydda i kläder som underställ, strumpor, handskar och mössor samt finnas monterade i stavar och skidor. Det kan skapa möjligheter för att få stora mängder fysiologiska och biomekaniska data från varje träningspass.

Rullband

Rullband för rullskidor och löpning samt stakerometer används redan i tränings- och testsammanhang. Mycket talar för ännu mer användande genom ökade möjligheter att standardisera, mäta och i sin tur se prestationsutveckling.



Genom att kombinera flera av ovan nämnda hjälpmedel har aktivas och tränarens arbetsmetoder inom träning och uppföljning utvecklats samt förfinats. Exempelvis kan aktiva genomföra ett pass i ett träningslabb samtidigt som tränaren har möjlighet att via videolänk följa och analysera passet på annan ort. Tränaren kan då få en uppfattning om inre och yttre belastning, till exempel puls, laktat, syreupptagning, effekt, lutning, hastighet, sträcka, tekniskt genomförande med mera.



Träningsoptimering

Gällande träningsinnehåll som beskrivs i kapitel 8 så utvecklas detta successivt. Utvecklingen sker ofta som en konsekvens av förändrade yttre faktorer som nämns tidigare i detta kapitel.

Träningsvolymen har successivt ökat det senaste decenniet. Det hänger ihop med fler professionella satsningar och förbättrade återhämtningsmetoder. Under det senaste årtiondet har det skett en markant ökning av träningsvolym inom många uthållighetsidrotter. Det finns uthållighetsidrottare som tränar uppemot 1500 timmar per år och längdskidåkare som tränar kring 1000 timmar per år. Skillnaderna beror främst på olika träningsformer och muskulär belastning, exempelvis tränar elitcyklister betydligt mer än eliten inom långdistanslöpning. Förändrade belastningsprinciper som till exempel färre men längre pass, ökade möjligheter till energiintag under passen eller förändrad fördelning av träningsformer är några faktorer som möjliggjort större träningsvolym. Det bör dock finnas en övre gräns när träningsvolym tenderar att inkräkta på träningskvalitet eller innebär för stor skade-, övertränings- och/eller sjukdomsrisk.

Resursteamet kring den aktive med tränare, idrottspsykologer, nutritionister, medicinskt team, vallare med flera har vuxit. Ett resursteam med expertkunskap inom olika områden förekommer alltmer inom idrotten.

Fördelning av högintensiva pass i form av så kallade högintensiva block eller dubbelträning (två intervallpass under samma dag) har genomförts av många uthållighetsidrottare, även längdskidåkare.

Skridskoåkaren Nils van der Poel har med sin träning fått stor uppmärksamhet då det lett till både världsrekord, VM- och OS-guld. Han har periodiserat och varierat träningen vilket möjliggjort en stor träningsvolym. Hans träningsmodell passar troligtvis inte alla. Men det faktum att han har tränat mycket, haft en gedigen insats, sprängt gränser, lämnat komfortzonen och tänkt nytt är förmodligen faktorer som gäller för många som lyckats inom uthållighetsidrotter.

Via sensorer som exempelvis kan mäta puls, laktat, sträcka och höjdmeter är det möjligt att analysera tränings- och tävlingsdata. Utvecklingen av artificiell intelligens kan möjliggöra en förfinad uppföljning av enskilda aktivas träningsrespons och prestationsutveckling. Det finns vetenskapliga diskussioner kring olika fysiologiska profiler och hur de responderar på träning. Genom bättre möjligheter till individuell uppföljning finns det mer att lära.⁸²



Jämställdhet

I och med att jämställdhet och likabehandling numera är en självklarhet har utvecklingen och anpassningen inom idrotten och längdskidåkning inneburit förändringar.

Även om det fortfarande finns skillnader mellan herr- och damidrotten så har klyftan minskat de senaste årtiondena. Längdskidor har samma prispengar för båda könen och flera landslag satsar lika mycket resurser på dam- och herrlagen. Under världscupsäsongen 2021/2022 testades mixade parstafetter och stafetter i syfte att fler nationer ska kunna ha konkurrenskraftiga lag. På FIS värmöte 2022 beslutades att världscupsäsongen 2022/2023 ska genomföras med jämlika distanser för damer och herrar. Det innebär lika långa sprintbanor samt 10 km, 20 km och 50 km för bägge könen. Nationer som har kvinnliga ledare och vallare i sin organisation får fler ackrediteringar per nation för testverksamhet i samband med tävling.

Mer fokus på jämställdhet har lett till att damernas resultat i förhållande till herrarna har utvecklats. Damerna har närmast sig herrarna prestationsmässigt. Bredden och spetsen på damsidan har också utvecklats. I våra nationella ungdomstävlingar är det numera ofta lika många eller fler tjejer än killar i motsvarande åldersgrupp. Avståndet mellan till exempel de 10 bäst placerade damerna i världstoppen har minskat. Forskningsmässigt blir det alltmer fokus på kvinnliga idrottare och deras individuella behov, som i vissa fall är unika jämfört med männens behov (i relation till exempelvis hormonella cykler). I framtiden kommer det att leda till mer kunskap och specifika rutiner som kan tillämpas för kvinnor i syfte att förbättra prestation i både träning och tävlingar. En framtidsfråga är hur kvinnliga och manliga idrottare kan få ytterligare möjligheter och stöd till fortsatt elitsatsning i samband med familjebildning.

Sammanfattning kapitel 9

Längdskidor är en förhållandevis liten idrott internationellt och påverkas av många omgivande faktorer. Det gör i sin tur att det finns stor utvecklingspotential. I kapitlet har vi därför begränsat oss till några områden som är aktuella just nu, år 2023. Det är långt ifrån en heltäckande sammanställning.

Den hållbara skidåkaren

Nutrition och energibalans är ett aktuellt ämne som inte nämns i någon större omfattning i kravprofilen. Ett tips är att läsa mer om ämnet i Svenska Skidförbundets material "Den hållbara skidåkaren". Detsamma gäller idrottspsykologiska faktorer och färdigheter. Här finns mycket litteratur att ta del av, bland annat boken "Praktisk idrottspsykologi" som används inom Svenska Skidförbundets junior- och seniortränarutbildning.

Prestationsanalys

Prestationsanalys i samband med träning, tävling eller matchspel sätts det stora resurser på i de största och mest framgångsrika idrottsnationerna, klubbarna, teamen och idrotterna. I svensk längdskidåkning används ett webbaserat analysverktyg som heter skidtid.se. Där kan tränare och aktiva göra enkla analyser av prestationen i samband med nationella och internationella tävlingar.

Kontinuitet

I en elitsatsande längdskidåkares karriär är kontinuitet grundläggande för att nå utveckling. För att klara av att upprätthålla en varierad och balanserad träningsbelastning är ett sunt och hälsosamt levnadssätt med tillräckligt energiintag och återhämtning viktigt.

Progression

Nästa steg är progression genom till exempel ökad träningsbelastning, återhämtning och näringsintag för att fortsätta utvecklas.

Utveckling

Gemensamt för framgångsrika idrottare är att de ständigt söker utveckling och vägar eller klarar att gå utanför komfortzonen. Det är dock aktuellt när de första två stegen (kontinuitet och progressivitet) är på plats. Börja med att hålla dig till det säkra och beprövade, öka successivt för att sedan bryta ny mark och hitta nya metoder.

Individuell anpassning

Som det nämns i början på kapitlet, är det svårt att förutspå och identifiera vilka utvecklingsfaktorer som kommer att ha större betydelse för framtiden. Enkelheten med den egna känslan (till exempel upplevd ansträngning), den inre drivkraften och individuella behov är hörnstenar i ens prestationsutveckling. Dessa grunder är en utgångspunkt i en aktiv elitsatsning. Det faktum att det blir större resurser kring de aktiva samt fler avancerade och tekniska hjälpmedel ger nya förutsättningar. Men dessa faktum är något som den aktive bör lägga till i sin satsning utifrån vad hen har för behov samt vart hen befinner sig i sin prestationsutveckling. Det handlar om att hålla det enkelt och att ha en röd tråd i sin satsning. Men samtidigt hänga med i utvecklingen och allteftersom addera delar som bedöms vara mest fördelaktig för prestationsutvecklingen.

Sammanfattningsvis

Utveckling av material och spårpreparering har lett till stora förändringar av längdskidåkningens kravprofil⁸⁴. Forskning kring fysiologiska prestationsfaktorer har, i Sverige, genomförts framgångsrikt under många årtionden. Kunskapen inom det området är därmed relativt god. Under de senaste åren har även förståelsen för psykologiska faktorer påverkan på prestationen ökat. Det handlar exempelvis om beteenden och psykosociala faktorer hos såväl ledare, föräldrar som aktiva. Det har lett till ett ökat antal forskningsstudier i ämnet. Här finns en stor utvecklingspotential för att tappa till kunskapsluckorna. I förlängningen kan det innebära ändrade arbetssätt för hur vi utvecklar våra längdskidåkare.





10 Lästips och stödmaterial

Biomekanik för längdskidåkning

Litteratur som ger en djupare förståelse och kan ligga till grund för vidare teknikutveckling, för effektiviserad pedagogik och för mer effektiva råd och instruktioner vid teknikträning (SSF).

Blågula vägen

Svenska Skidförbundet längds utvecklingsmodell. Målet med Blågula vägen är att den ska fungera som en vägledning och guide för föreningar, ledare, aktiva och föräldrar på alla nivåer (SSF).

Bättre skidteknik

Ett omfattande webbaserat skidteknikmaterial där du hittar både grundläggande och mer utmanande övningar (SISU Förlag).

Den hållbara skidåkaren

Det här materialet handlar om att sträva efter en hållbar energibalans som skidåkare – för att må bra, utvecklas inom idrotten och hålla långsiktigt (SSF).

Det internationella skidförbundets (FIS) hemsida

Här finns tävlingsprogram och tävlingsresultat till alla FIS-tävlingar. Här finner du dokument och data kring bland annat olika banprofiler, homologisering och tävlingsregler (<https://www.fis-ski.com>).

Färdighetsmål 15–16 år

Häftet syftar till att beskriva vilka basfärdigheter som äldre ungdomar kan sträva efter för att utvecklas mot nationell eller internationell elit som junior och sedermera senior. Det handlar bland annat om att komma bra förberedd in- för juniorträningen (SSF).

ICR

Det internationella regelverket för längdskidor (FIS).

Lågentensiv träning

En artikel som sammanfattar aktuell forskning inom den lågentensiva träningen i längdskidåkning. Ett stöd vid planering och genomförande av lågentensiv träning samt hur både den aktive och tränaren kan tänka för att säkerställa kvalitet i denna typ av träning (SSF och MIUN).

Praktisk idrottspsykologi

Bok om mental träning och dess betydelse för att optimera prestationen (SISU Förlag).

Skidtid

Ett webbverktyg som kan användas vid tävlingsuppföljning och prestationsanalys. Genom Skidtid kan styrkor och utvecklingsmöjligheter observeras i samband med en tävlingsprestation (<https://www.skidtid.se>).

Träningsintensitet svensk längdskidåkning

Ett dokument som beskriver intensitetszonerna inom svensk längdskidåkning. Här kan du ta del av generella rekommendationer och exempelpass utifrån de olika intensitetszonerna (SSF).

Värme- och fuktväxlande andningsmasker

Ett dokument med rekommendationer för användning av andningsmask vid olika träningsintensitet och tävling. Rekommendationerna gäller för längdskidåkare från 15 års ålder (SSF, MIUN och Umeå Universitet).

11 Referenser

- Conor M. Bolger, Jan Kocbach, Ann Magdalen Hegge, och Oyvind Sandbakk. Speed and Heart-Rate Profiles in Skating and Classical Cross-Country-Skiing Competitions. *Int J Sports Physiol Perform*, 2015, 10, 873-880.
- Bassett DR, Jr., Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(1):70-84.
- Joyner MJ, Coyle EF. Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol*. 2008;586(1):35-44.
- Andersson E. Physiological and biomechanical factors determining cross-country skiing performance. [PhD thesis]: Mittuniversitetets tryckeri Sundsvall; 2016.
- Jones, T. & McGawley, K. (2022). "Cross-Country Skiing and Biathlon" in "Sport and Exercise Physiology Testing Guidelines: Volume I – Sport Testing" (2nd edition). Routledge. ISBN 9781003045281.
- Bassett DR, Jr., Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(1):70-84.
- Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol*. 1949;109(1-2):1-9.
- Calbet JA, Jensen-Urstad M, van Hall G, Holmberg HC, Rosdahl H, Saltin B. Maximal muscular vascular conductances during whole body upright exercise in humans. *J Physiol*. 2004;558(Pt 1):319-31.
- Holmberg HC, Rosdahl H, Svedenhag J. Lung function, arterial saturation and oxygen uptake in elite cross country skiers: influence of exercise mode. *Scand J Med Sci Sports*. 2007;17(4):437-44.
- Andersson E, Björklund G, Holmberg HC, Ørtenblad N. Energy system contributions and determinants of performance in sprint cross-country skiing. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;27(4):385-98.
- Stöggli T, Ohtonen O, Takeda M et al. Comparison of exclusive double poling to classic techniques of cross-country skiing. *Med Sci Sports Exerc*. 2019;51(4):760-72.
- Stöggli TL, Hertlein M, Brunauer R, Weide B, Andersson EP, Swarén M. Pacing, exercise intensity, and technique by performance level in long-distance cross-country skiing. *Front Physiol*. 2020;11(17).
- Solli GS, Tønnessen E, Sandbakk Ø. The training characteristics of the world's most successful female cross-country skier. *Front Physiol*. 2017;8:1069.
- Tønnessen E, Haugen TA, Hem E, Leirstein S, Seiler S. Maximal aerobic capacity in the winter olympic endurance disciplines: olympic medal benchmarks for the time period 1990-2013. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015.
- Jones et al. Unpublished.
- Jones TW, Lindblom HP, Karlsson Ø, Andersson EP, McGawley K. Anthropometric, physiological, and performance developments in cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*. 2021.
- Gladden LB, Yates JW, Howley ET. Who needs a bag? *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44(2):288-9.
- Manna I. Growth development and maturity in children and adolescent: relation to sports and physical activity. *American Journal of Sports Science and Medicine*. 2014;2(5A):48-50.
- Lloyd RS, Oliver JL, Faigenbaum AD, Myer GD, De Ste Croix MB. Chronological age vs. biological maturation: implications for exercise programming in youth. *J Strength Cond Res*. 2014;28(5):1454-1464.
- Lloyd RS, Oliver JL. The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength Cond J*. 2012;34(3):61-72.
- Carlsson M, Carlsson T, Wedholm L, Nilsson M, Malm C, Tonkonogi M. Physiological demands of competitive sprint and distance performance in elite female cross-country skiing. *J Strength Cond Res*. 2016;30(8):2138-2144.
- Coyle EF, Coggan AR, Hopper MK, Walters TJ. Determinants of endurance in well-trained cyclists. *J Appl Physiol*. 1988;64(6):2622-2630.
- Coyle EF, Feltner ME, Kautz SA, et al. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Med Sci Sports Exerc*. 1991;23(1):93-107.
- di Prampero PE, Atchou G, Bruckner JC, Moia C. The energetics of endurance running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1986;55(3):259-266.
- Coyle EF. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev*. 1995;23:25-63.
- Fletcher JR, Esau SF, Macintosh BR. Economy of running: beyond the measurement of oxygen uptake. *J Appl Physiol*. 2009;107(6):1918-1922.
- Andersson EP, Noordhof DA, Lögdal N. The anaerobic capacity of cross-country skiers: the effect of computational method and skiing sub-technique. *Front Sports Act Living*. 2020;2(37).
- Ainegren M, Carlsson P, Tinnsten M, Laaksonen MS. Skiing economy and efficiency in recreational and elite cross-country skiers. *J Strength Cond Res*. 2013;27(5):1239-1252.
- Coyle EF, Sidossis LS, Horowitz JF, Beltz JD. Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24(7):782-788.
- Larsen HB. Kenyan dominance in distance running. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. 2003;136(1):161-170.
- Coyle EF. Improved muscular efficiency displayed as Tour de France champion matures. *J Appl Physiol*. 2005;98(6):2191-2196.
- Jones AM. The physiology of the world record holder for the women's marathon. *Int J Sports Sci Coaching*. 2006;1(2):101-116.
- Almåsbaek B, Whiting HT, Helgerud J. The efficient learner. *Biol Cybern*. 2001;84(2):75-83.
- Lucia A, Hoyos J, Perez M, Santalla A, Chicharro JL. Inverse relationship between VO₂max and economy/efficiency in world-class cyclists. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(12):2079-2084.
- Morgan DW, Daniels JT. Relationship between VO₂max and the aerobic demand of running in elite distance runners. *Int J Sports Med*. 1994;15(7):426-429.
- Jones AM. A five year physiological case study of an Olympic runner. *Br J Sports Med*. 1998;32(1):39-43.
- Hoff J, Helgerud J, Wisløff U. Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31(6):870-877.
- Andersson, opublicerad data.
- Sagelv EH, Engseth TP, Pedersen S, et al. Physiological comparisons of elite male visma ski classics and national level cross-country skiers during uphill treadmill roller skiing. *Front Physiol*. 2018;9(1523).
- Sandbakk Ø, Holmberg HC, Leirdal S, Ettema G. Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers. *Eur J Appl Physiol*. 2010;109(3):473-481.

41. Losnegard T, Myklebust H, Hallén J. Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(4):673-681.
42. Losnegard T, Hallén J. Physiological differences between sprint- and distance-specialized cross-country skiers. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(1):25-31.
43. Andersson EP, McGawley K. A comparison between different methods of estimating anaerobic energy production. *Front Physiol.* 2018;9:82.
44. Vandewalle H, Peres G, Monod H. Standard anaerobic exercise tests. *Sports Med.* 1987;4(4):268-289.
45. Mygind E, Andersen LB, Rasmussen B. Blood lactate and respiratory variables in elite cross-country skiing at racing speeds. *Scand J Med Sci Sports.* 1994;4(4):243-251.
46. Rusko H. Physiology of cross country skiing In H Rusko (Ed), Handbook of sports medicine and science: Cross country skiing. 2003:1-31.
47. Sandbakk Ø, Holmberg HC. A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(1):117-121.
48. Sandbakk Ø, Holmberg HC. Physiological Capacity and Training Routines of Elite Cross-Country Skiers: Approaching the Upper Limits of Human Endurance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12(8):1003-1011.
49. di Prampero PE, Botter A, Osgnach C. The energy cost of sprint running and the role of metabolic power in setting top performances. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(3):451-469.
50. Norman R, Ounpuu S, Fraser M, Mitchell R. Mechanical power output and estimated metabolic rates of Nordic skiers during Olympic competition. *Int J Sport Biomech.* 1989;5(2):169-184.
51. Gløersen Ø, Gilgjen M, Dysthe DK, Malthe-Sørensen A, Losnegard T. Oxygen demand, uptake, and deficits in elite cross-country skiers during a 15-km race. *Med Sci Sports Exerc.* 2019.
52. Karlsson Ø, Gilgjen M, Gløersen ØN, Rud B, Losnegard T. Exercise intensity during cross-country skiing described by oxygen demands in flat and uphill terrain. *Front Physiol.* 2018;9(846).
53. Björklund G, Laaksonen MS, Holmberg H-C. Blood lactate recovery and respiratory responses during diagonal skiing of variable intensity. *Eur J Sport Sci.* 2011;11(5):317-326.
54. Gløersen Ø, Gilgjen M, Dysthe DK, Malthe-Sørensen A, Losnegard T. Oxygen demand, uptake, and deficits in elite cross-country skiers during a 15-km race. *Med Sci Sports Exerc.* 2020.
55. McGawley K, Holmberg H-C. Aerobic and Anaerobic Contributions to Energy Production Among Junior Male and Female Cross-Country Skiers During Diagonal Skiing. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(1):32-40.
56. Losnegard T, Myklebust H, Spencer M, Hallén J. Seasonal variations in VO₂max, O₂-Cost, O₂-deficit, and performance in elite cross-country skiers. *J Strength Cond Res.* 2013;27(7):1780-1790.
57. Andersson EP, Govus AD, Shannon OM, McGawley K. Sex differences in performance and pacing strategies during sprint skiing. *Front Physiol.* 2019;10:295.
58. Sundström, D. (2016). Numerical optimization of pacing strategies in locomotive endurance sports (Doctoral dissertation, Mid Sweden University).
59. Abbiss CR, Laursen PB. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Med.* 2008;38(3):239-252.
60. Losnegard T, Tosterud OK, Kjeldsen K, Olstad Ø, Kocbach J. Cross-country skiers with a fast-start pacing pattern increase time-trial performance by use of a more even pacing strategy. *Int J Sports Physiol Perform.* 2022;17(5):739-747.
61. de Koning JJ, Foster C, Bakkum A, et al. Regulation of pacing strategy during athletic competition. *PLoS One.* 2011;6(1):e15863.
62. Bailey SJ, Vanhatalo A, DiMenna FJ, Wilkerson DP, Jones AM. Fast-start strategy improves VO₂ kinetics and high-intensity exercise performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(3):457-467.
63. Ainegren M, Jonsson P. Drag area, frontal area and drag coefficient in cross-country skiing techniques. *Proceedings.* 2018;2(6):313.
64. Atkinson G, Brunskill A. Pacing strategies during a cycling time trial with simulated headwinds and tailwinds. *Ergonomics.* 2000;43(10):1449-1460.
65. Noakes TD. Fatigue is a Brain-Derived Emotion that Regulates the Exercise Behavior to Ensure the Protection of Whole Body Homeostasis. *Front Physiol.* 2012;3:82.
66. Noakes TD, St Clair Gibson A, Lambert EV. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans: summary and conclusions. *Br J Sports Med.* 2005;39(2):120-124.
67. Marcora SM, Staiano W. The limit to exercise tolerance in humans: mind over muscle? *Eur J Appl Physiol.* 2010;109(4):763-770.
68. Hettinga F, Konings M, Pepping G-J. The science of racing against opponents: Affordance competition and the regulation of exercise intensity in head-to-head competition. *Front Physiol.* 2017;8(118).
69. Hettinga FJ, Edwards AM, Hanley B. The science behind competition and winning in athletics: using world-level competition data to explore pacing and tactics. *Front Sports Act Living.* 2019;1(11).
70. Andersson E, Supej M, Sandbakk Ø, Sperlich B, Stöggl T, Holmberg HC. Analysis of sprint cross-country skiing using a differential global navigation satellite system. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(3):585-595.
71. McGawley K, Van Waerbeke C, Westberg K-J, Andersson EP. Maximizing recovery time between knock-out races improves sprint cross-country skiing performance. *J Sport Health Sci* 2022;11:21-9.
72. Nielsen J, Holmberg HC, Schröder HD, Saltin B, Ørtenblad N. Human skeletal muscle glycogen utilization in exhaustive exercise: role of subcellular localization and fibre type. *J Physiol.* 2011;589(11):2871-85.
73. Stocks B., Betts J. A., McGawley K. (2016). "Effects of carbohydrate dose and frequency on metabolism, gastrointestinal discomfort, and cross-country skiing performance". *Scand J Med Sci Sports.* 26(9):1100-1108.
74. Pettersson S., Edin F., Bakkman L., McGawley K. (2019). "Effects of supplementing with an 18 % carbohydrate-hydrogel drink versus a placebo during whole-body exercise in -5 °C with elite cross-country ski athletes: a crossover study". *J Int Soc Sports Nutr.* 16:46.
75. Holmberg, H-C. Svensk längdskidåkning träningslära, 1996.
76. Höök, M., Larsson, J., Lindblom, E., Nilsson, I., Nilsson, U., Selin, L., och Östberg, A. Skidor för ungdom, 2016.
77. Holmberg, H-C., Larsen, F. & Mattsson, CM. Den nödvändiga distansstråningen. Svensk Idrottsforskning nr 3, 2014.
78. Holmberg, H-C. & Mattsson, CM. Intervallträning som ger guld. Svensk Idrottsforskning nr 2, 2012.
79. Michalsik L. & Bangsbo J. Aerob och anaerob träning. SISU idrottsböcker, 2004.
80. Jeukendrup A. & Gleeson M. Sport nutrition. Human Kinetics, 2018.
81. Tønnessen, E et. al. The Road to Gold: Training and Peaking Characteristics in the Year Prior to a Gold Medal Endurance Performance, juli 2014.
82. Larsen, F & Mattsson, M. Kondition och uthållighet. SISU Idrottsböcker, 2013.
83. Isbring, R et. al. Träningsintensitet Svensk längdskidåkning. Svenska Skidförbundet, 2022.
84. Pelligrini, B., Stöggl, T.L. & Holmberg, H-C. (2018). Developments in the Biomechanics and Equipment of Olympic Cross-Country Skiers. *Frontiers in Physiology*, 24 (9).





SVENSKA SKIDFÖRBUNDET®
SWEDISH SKI ASSOCIATION

Riksskidstadion, SE-791 19 Falun, Sweden

TELEFON +46 (0)10-708 69 00

FAX +46 (0)10-708 69 01

E-POST info@skidor.com

www.skidor.com