

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

- Operativ temperatur och luftflöde utifrån
aktivitetsnivå

Philip Zielinski



LUNDS
UNIVERSITET

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

- Operativ temperatur och luftflöde utifrån
aktivitetsnivå

Philip Zielinski

Examensarbete TVIT—26/5124

Avdelningen för Installationsteknik
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund

© Philip Zielinski

ISRN LUTVDG/TVIT —26/5124—SE(62)
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 LUND

Sammanfattning

Titel:	Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar - Operativ temperatur och luftflöde utifrån aktivitetsnivå
Författare:	Philip Zielinski
Handledare:	Birgitta Nordquist, Universitetslektor vid Avdelningen för Installations- och klimatiseringslära.
Examinator:	Victor Fransson, Biträdande universitetslektor vid Avdelningen för Installations- och klimatiseringslära
Bakgrund:	Fysisk inaktivitet har en negativ påverkan på hälsan och kan orsaka sjukdomar och tidig död. Detta medför i sin tur stora kostnader för sjukvården runtom i hela världen. Många utför sin träning inomhus i träningslokaler och det är därför viktigt att ha så hög komfort och ett så bra inomhusklimat som möjligt för att skapa goda förutsättningar för fysisk aktivitet.
Syfte:	Syftet med studien är att bidra till en ökad kännedom kring hur termiskt och hygieniskt inomhusklimat kan dimensioneras för att skapa goda förutsättningar för komfort under fysisk aktivitet. Studien syftar även till att fylla kunskapsluckor kring träningslokaler genom att ta fram tydliga samband på hur operativ temperatur kan dimensioneras utifrån aktivitetsnivå och beklädnadsgrad. Vidare undersöks även hur man kan dimensionera luftflöde utifrån aktivitetsnivån.
Metod(er):	För att uppnå syftet grundades studien av en litteraturstudie där data från referensdiagram extrapolerades för att bilda nya diagram. Samband mellan aktivitetsnivå (MET) och koldioxidproduktion användes även för att dimensionera luftflöde.
Slutsatser:	Operativ temperatur som ger termisk komfort har beräknats utifrån aktivitetsnivå och clo-värde. Aktivitetsnivån har även använts för att uppskatta koldioxidavgivning vilket tillsammans med personbelastning möjliggör dimensionering av luftflöde för träningslokaler. För de valda aktiviteterna varierade den dimensionerande operativa temperaturen mellan 10–21 °C. Luftflödet per person varierade mellan 15,4–32,2 l/s per person,

vid antagandet att koldioxidhalten inomhus får vara max 1000 ppm och koldioxidhalten utomhus är 400 ppm.

Nyckelord:

Ventilation, Inomhusklimat, Träningslokaler,
Operativ temperatur, Termisk komfort, Aktivitetsnivå,
Koldioxidavgivning, Luftflöde

Abstract

This study investigates how to dimension the indoor climate and airflow depending on the activities performed in the facility. The purpose of this study is to better understand how the indoor climate should be dimensioned to improve comfort under physical activity. The study also aims to provide better guidance for the design of training facilities by studying the relationship between activity level and carbon dioxide emissions but also by identifying the relationship between activity level, clothing and operative temperature. This was possible by conducting a literature study where data from the literature was used to calculate and create diagrams for operative temperature and identifying relationships to estimate the required airflow. By using the results it was possible to find the operative temperature for different activities and determine an airflow for different types of training facilities. For the selected activities, the calculated operative temperature varied between 10 and 21 °C, while the airflow per person varied between 15.4 and 32.2 l/s. The results haven't been tested experimentally and therefore they should only be used in an early stage of the pre-construction phase as an approximate value that has to be controlled later in the construction phase.

Förord

Detta examensarbete är det avslutande momentet för min utbildning till högskoleingenjör i byggt teknik med arkitektur på LTH.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Birgitta Nordquist för hennes positiva inställning och engagemang. Hennes stöd från idéstadiet till färdigt arbete har varit mycket värdefullt. Jag vill även tacka min examinator Victor Fransson för att ha tagit rollen att granska mitt arbete.

Sist men inte minst vill jag även tacka familj och vänner för stöd och motivation under arbetets gång.

Lund i maj 2026

Philip Zielinski

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	i
Abstract	iii
Förord	v
Innehållsförteckning	vii
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte	1
1.3 Frågeställningar.....	2
1.4 Metod	2
1.5 Avgränsning.....	2
2 Litteraturstudie	3
2.1 Termiskt klimat.....	3
2.1.1 Aktivitetsnivå MET-värde under träning.....	3
2.1.2 Clo-värde under träning.....	5
2.1.3 Operativ temperatur	6
2.2 Dimensionering för inomhusklimat i idrottshallar	7
2.3 Luftflöde enligt myndigheter, allmänna råd och riktlinjer	9
2.3.1 Boverkets föreskrifter och allmänna råd.....	9
2.3.2 Luftflöde enligt Folkhälsomyndigheten.....	9
2.3.3 Rekommenderade luftflöden i idrottsanläggningar	9
2.4 Dimensionering av luftflöde utifrån koldioxidavgivning och personbelastning	10
2.5 Aerosoler.....	12
3 Metod.....	15
3.1 Metod för framtagning av operativ temperatur och temperaturintervall.....	15
3.2 Framtagning av CO ₂ avgivning för varierande aktivitetsgrad.....	16
3.3 Metod för dimensionering av träningslokaler	16
4 Resultat och Analys.....	19
4.1 Ekvationer och diagram för operativ temperatur som funktion av clo och MET	19
4.2 Temperaturintervall vid olika aktivitetsnivåer	21
4.3 Luftflöde utifrån aktivitetsnivå och personbelastning.....	22
4.4 Aktiviteters dimensionerande inomhusklimat.....	23
4.5 Dimensionering av träningsanläggningar.....	24
4.5.1 Gymlokal	25
4.5.2 Yogalokal.....	25
4.5.3 Gympasal	25
5 Diskussion	27
5.1 Resultat i relation med syfte och frågeställningar	27
5.2 Operativ temperatur vid fysisk aktivitet.....	27
5.3 Luftflöde och CO ₂ vid träning	28

5.4	Aerosoler	29
5.5	Osäkerhet i resultatet.....	29
5.6	Resultatens tillämpbarhet.....	30
6	Slutsatser.....	33
7	Framtida forskning	35
	Referenser.....	37
	Bilagor	39
	Bilaga A.....	39
	Bilaga B.....	40
	Bilaga C.....	40
	Bilaga D.....	41
	Bilaga E.....	41
	Bilaga F.....	42
	Bilaga G.....	42
	Bilaga H.....	43
	Bilaga I.....	43
	Bilaga J.....	44

1 Inledning

I det inledande avsnittet presenteras studiens bakgrund, syfte, frågeställningar, metod och avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Populationen i Sverige sitter still för mycket vilket har en negativ påverkan på hälsan. Detta försämrar både den mentala hälsan och ökar risken för sjukdomar men även risken för tidig död enligt (Folkhälsomyndigheten, 2025). WHO (2024) uppmärksammar även att dagens sedentära livsstil globalt beräknas kosta det offentliga sjukvårdssystemet 300 miljarder US\$ mellan 2020 och 2030, men även att en fysiskt aktiv vuxen får minskad risk för dödlighet oavsett orsak. För att minska belastningen på sjukvården av en sedentär livsstil krävs flera olika insatser som främjar fysisk aktivitet, där komfortabla träningsmiljöer kan bidra till att människor upprätthåller sin träning över tid. Detta kan vara särskilt viktigt under startperioden av en mer aktiv livsstil, men även för att hålla sin motivation uppe när fysisk aktivitet är en del av vardagen. Många utför fysisk aktivitet inomhus speciellt i Sverige där det blir kallt under vintern. Detta leder till att träningslokaler ofta har hög belastning vilket påverkar inneklimatet negativt om lokalen inte är dimensionerad för den ökade belastningen. Vid fysisk aktivitet ökar både värmeavgivningen och koldioxidproduktionen från människan, vilket gör att träningslokaler kan få andra krav på ventilation än lokaler med lägre aktivitetsnivå. Samtidigt är dimensioneringsunderlaget för träningslokaler mindre tydligt än för lokaler med lägre aktivitetsnivå, exempelvis skolor och kontor. Därför är ett väl dimensionerat ventilationssystem i träningsanläggningar väsentligt för att skapa goda förutsättningar för fysisk aktivitet inomhus.

1.2 Syfte

Syftet med studien är att bidra till en ökad kännedom kring hur termiskt och hygieniskt inomhusklimat kan dimensioneras för att skapa goda förutsättningar för komfort under fysisk aktivitet. I dagsläget finns det mycket dokumentation kring hur man ska dimensionera ventilationssystem i skolor och kontor. Träningsanläggningar som gym och idrottshallar har däremot andra förutsättningar på grund av högre aktivitetsnivå och varierande personbelastning. Studien fokuserar därför på hur aktivitetsnivå påverkar koldioxidbelastning, upplevelsen av det termiska klimatet och luftflödesbehov i träningslokaler. Studien fokuserar även på att undersöka hur CO₂ produktion och luftflöde kan kopplas till olika typer av fysisk aktivitet för att ge bättre underlag vid dimensionering av inomhusklimat i träningsanläggningar.

1.3 Frågeställningar

Studien utgår från följande frågeställningar:

- Vilken dimensionerande operativ temperatur kan föreslås för träningsanläggningar utifrån aktivitetsnivå och beklädnadsgrad?
- Hur påverkar aktivitetsnivå den operativa temperatur som upplevs ge termisk komfort?
- Hur kan CO₂ produktion uppskattas utifrån aktivitetsnivå med hjälp av samband från litteraturstudien?
- Vilket dimensionerande uteluftsflöde kan föreslås för träningsanläggningar utifrån aktivitetsnivå, koldioxidproduktion och personbelastning?
- Hur påverkas det dimensionerande luftflödet i valda träningslokaler av aktivitetsnivå och personbelastning?

1.4 Metod

Studien grundades med hjälp av en litteraturstudie som undersökt den termiska komforten och luftkvaliteten i träningslokaler. Detta gjordes för att samla fakta och data kring befintliga beräkningsmodeller som sedan utvecklades för att försöka ge tydliga siffror i studien.

1.5 Avgränsning

För att göra studien genomförbar för studiens omfattning gjordes ett antal avgränsningar. Avgränsningarna gjordes för att begränsa studiens omfattning vilket innebar att följande aspekter inte behandlades i studien.

- Luftfuktighet
- Ekonomi och energikostnader för ventilation och termiskt klimat
- Individuella skillnader i klädsel och metabolism
- Geografiska skillnader
- Luftföroreningar utöver koldioxid behandlas inte beräkningsmässigt
- Beräkningar av operativ temperatur utgår från en lufthastighet på högst 0,1 m/s. Högre lufthastigheter behandlas inte beräkningsmässigt.

2 Litteraturstudie

En litteraturstudie genomfördes inom ämnet termisk komfort och luftkvalitet i träningsanläggningar och dess status i nuläget. Målet var även att möjliggöra identifiering av de forsknings- och kunskapsluckor som finns. Sökningar utfördes primärt i Google Scholar och Lubsearch med nyckelord som "MET", "Operativ temperatur" och "Koldioxidavgivning". Urvalsprocessen inleddes med genomgång av titlar och sammanfattningar för att identifiera relevanta publikationer. Prioritet gavs till europeiska studier publicerade efter år 2020 för att säkerställa aktualitet och regional relevans, men på grund av begränsat tillgängligt material inom ämnet inkluderades även ett flertal bredare och äldre studier då de bedömdes bidra med värdefulla tekniska insikter. Urvalet fokuserade på källor med tydlig metodbeskrivning och relevans för studiens syfte, exempelvis genom koppling till termisk komfort, aktivitetsnivå, koldioxidavgivning eller luftflöde i tränings- och idrottslokaler.

I detta kapitel presenteras referensdiagram, tabeller och ekvationer som ligger till grund för studien. Kapitlet behandlar ett urval av begrepp som har betydelse för människans termiska komfort och hygieniska inomhusklimat med fokus på operativ temperatur, aktivitetsnivå, clo-värde och dimensionering av luftflöde utifrån koldioxidproduktion. Det hygieniska inomhusklimatet avgränsas i studien till koldioxid och luftflödesbehov. Andra luftföroreningar än koldioxid ingår inte i de dimensionerande beräkningarna.

2.1 Termiskt klimat

Det upplevda termiska klimatet påverkas av flera faktorer såsom aktivitetsnivå, beklädnad och operativ temperatur. I följande avsnitt presenteras litteratur kopplad till dessa samband.

2.1.1 Aktivitetsnivå MET-värde under träning

Aktivitetsnivå beskriver värmeproduktionen i kroppen som kontinuerligt pågår genom kroppens ämnesomsättning. Värmeproduktionen varierar kraftigt med den fysiska aktiviteten och avger värme till omgivningen genom konvektion, strålning, avdunstning och ledning. 1 MET motsvarar 60 W/m^2 hudyta och är basmetabolismen för en människa vid vila (Warfvinge & Dahlblom 2010, s. 1:3).

Herrmann et al. (2024) har sammanställt Compendium of Physical Activities (2024), vilket redovisar energiförbrukning för olika fysiska aktiviteter i form av MET-värden. Studien är publicerad i *Journal of Sport and Health Science* och är en uppdatering av tidigare versioner av Compendium of Physical Activities. Syftet med sammanställningen är att förbättra jämförbarheten mellan olika fysiska aktiviteter genom standardiserade MET-värden. MET-värdena i tabell (2.1) bygger primärt på publicerade studier som mäter energianvändning under fysiska aktiviteter, ofta med hjälp av indirekt kalorimetri.

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

Vid aktiviteter där uppmätta MET-värden ej var tillgängligt uppskattades MET-värden med hjälp av liknande aktiviteter och expertbedömningar. MET-värden är standardiserade i förhållande till en vilometabolism, där 1 MET motsvarar en syreupptagning på 3,5 mL syre per kilogram kroppsvikt och minut. Detta gör det möjligt att jämföra olika aktiviteter och intensitetsnivåer i studier. Aktiviteterna i tabell (2.1) översattes till svenska, ursprungstexten på engelska redovisas även i tabellen för att öka tydligheten och minska risken för missförstånd vid översättning. Tabellen redovisar ett urval av aktiviteter som bedömdes relevanta för studiens syfte och de beräkningar som genomförs senare i rapporten. Den fullständiga sammanställningen av MET-värden redovisas i bilaga J.

Tabell 2.1 Urval av MET-värden för olika former av träning (Compendium of Physical Activities, 2024).

MET värde	Aktivitet (engelska)	Aktivitet (svenska)
7.3	Aerobic, general	Aerobisk träning, generell
4.8	Aerobic dance, low impact, moderate effort	Aerobisk dans, måttlig intensitet
5.0	Army type obstacle course exercise, boot camp training program	Hinderbaneträning, Bootcamp-träning
3.8	Calisthenics (e.g., pushups, sit ups, pull-ups, lunges), moderate effort	Kroppsviktsövningar, måttlig intensitet
6.0	Circuit training, body weight exercises	Cirkelträning med kroppsvikt
5.0	Resistance (weight) training, squats, deadlift, slow or explosive effort	Styrketräning med knäböj och marklyft, långsam eller explosiv intensitet
3.5	Resistance (weight) training, multiple exercises, 8-15 reps at varied resistance	Styrketräning med flera övningar, 8–15 repetitioner vid varierande belastning
5.8	Resistance Training, circuit, reciprocal supersets, peripheral heart action training	Cirkelbaserad styrketräning med superset
3.0	Body weight resistance exercises (e.g., squat, lunge, push-up, crunch), general	Kroppsviktsövningar (t.ex. knäböj, utfall, armhävningar, crunches), generell
9.8	Kettlebell swings	Kettlebell-svingar
11.0	Rope skipping exercise, general	Hopprep, generell
7.3	Rowing, stationary ergometer, general, vigorous effort	Roddmaskin, hög intensitet
11.0	Shuttle running, forward/backward/lateral	Intervallöppning framåt/bakåt/sidledes
2.3	Stretching, mild	Stretching, mild
2.8	Pilates, general	Pilates, generell
2.3	Yoga, General	Yoga, generell

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

Fantozzi och Lamberti (2019, s. 10) redovisar typiska MET-värden för olika idrottsaktiviteter. Tabell (2.2) visar att aktivitetsnivån varierar beroende på vilken fysisk aktivitet som utförs. Tabell (2.2) återges i originalspråk från Fantozzi och Lamberti (2019, s. 10), medan de aktiviteter som används vidare i studien redovisas översatta i tabell (2.1).

Tabell 2.2 Typiska MET-värden för olika typer av aktiviteter (Fantozzi & Lamberti 2019, s. 10)

Activity	Metabolic Rate (Met)
Resting	
Sleeping	0.8
Seating, quiet	1.0
Standing, relaxed	1.2
Sport and Activities	
Archery	4.3
Badminton	5.5
Basketball	8.0
Bicycling	7.5
Boxing	12.8
Calisthenics	3.5
Dancing	7.8
Fencing	6.0
Fishing	3.5
Football	8.0
Gymnastics	3.8
Hockey	8.0
Running	7.0
Skiing	7.0
Swimming	4.8–13.8
Tennis	7.3
Volleyball	4.0

2.1.2 Clo-värde under träning

För att värdera inneklimatet måste personernas beklädnad vara känd. Den värmeisolerande förmågan anges i clo och olika kläders isoleringsförmåga presenteras i tabell (2.3) (EMTF (2013), Warfvinge & Dahlblom 2010, s. 1:2). Eftersom denna studie fokuserar på inomhusträning är främst lägre clo-värden relevanta, då personer i träningslokaler vanligtvis bär lättare klädsel.

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

Tabell 2.3 Klädselns termiska motstånd i clo hämtat från (EMTF (2013) och Warfvinge & Dahlblom 2010, s. 1:2).

Klädsel	Isolerförmåga (clo)
Naken	0
Tropikklädsel (shorts, trosor, öppen skjorta med korta ärmarna, lätta sockor och sandaler)	0,3
Lätt sommarklädsel (lätta långbyxor, öppen skjorta, lätta sockor och skor)	0,5
Tunn arbetsklädsel (tunn undertröja, byxor, skjorta med långa ärmarna, sockor och skor)	0,7
Normal inomhusklädsel (undertröja, byxor, långärmad skjorta, olle med långa ärmarna, kraftiga sockor och skor)	1,0
Kraftig inomhusklädsel (undertröja med långa ärmarna och kalsonger med långa ben, långärmad skjorta, olle med långa ärmarna, kraftig jacka och byxor, kraftiga sockor och skor)	1,5

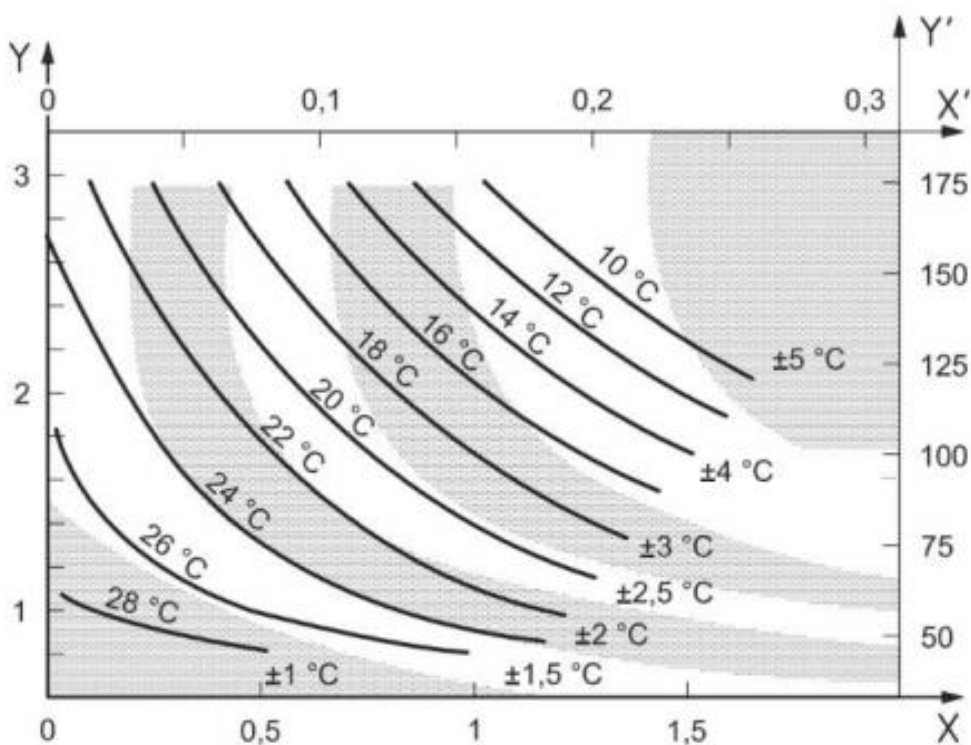
2.1.3 Operativ temperatur

Operativ temperatur är en sammanvägning av lufttemperaturen och strålningstemperaturen mot omgivande ytor, där den operativa temperaturen används för att värdera det termiska klimatet. Även om en person är i termisk jämvikt med omgivningen, det vill säga att kroppens värmeproduktion och värmeavgivning är i balans, kan lokala problem uppstå exempelvis på grund av strålning eller drag. Risken för upplevelse av drag ökar med sjunkande lufttemperatur. Även om den operativa temperaturen är optimal och inga störande lufterörelser förekommer kan aldrig samma miljö förväntas tillfredsställa alla i en grupp även om de har samma beklädnad och metabolism (EMTF 2013, s. 17-18).

Fangers PPD-index är ett internationellt etablerat mått som används för att bedöma termisk komfort. Enligt Warfvinge och Dahlblom (2010, s. 1:10) står PPD för predicted percentage of dissatisfied och beskriver hur stor andel som förväntas vara missnöjda med inomhusklimatet. Ett lägre PPD värde än 5 % kan ej uppnås, vilket innebär att de som högst är 95 % av individerna i en grupp som är nöjda med samma termiska klimat.

Figur 2.1 är framtaget genom att låta människor sitta i varierande klimat för att hitta en optimal operativ temperatur som de upplever ger termisk komfort vid varierande aktivitet och klädsel (Fanger, 2013). Detta har blivit en internationell standard SS-EN ISO 7730 och redovisar operativ temperatur som funktion av aktivitetsnivå och beklädnadsgrad vid PPD < 10 % (EMTF, 2013, s. 25).

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar



Figur 2.1 Målvärde för den operativa temperaturen som funktion av fysisk aktivitet (MET) och klädsel (clo). Den operativa temperaturen bör kunna hållas inom ett intervall som anges av de växelvis skuggade fälten. Diagrammet motsvarar PPD<10%, enligt SS-EN ISO 7730(2), vid en lufthastighet på högst 0,1 m/s. (EMTF 2013, s. 25).

Fantozzi och Lamberti (2019, s. 13) beskriver att UNI EN ISO 7730 är en referensstandard som används för att bedöma upplevelsen av den termiska miljön inomhus. Standarden bygger på Fangers komfortmodell, som inte är specifikt framtagen för hög fysisk aktivitet. Författarna framför samtidigt att träningsanläggningar ofta har varierande förutsättningar eftersom flera olika aktiviteter kan utföras i samma lokal. Därför finns det behov av specifik litteratur och standarder för vilka termiska parametrar som bör upprätthållas i dessa lokaler.

2.2 Dimensionering för inomhusklimat i idrottshallar

I träningsanläggningar är det särskilt viktigt att säkerställa termisk komfort eftersom det kan påverka både människors prestation och hälsa under fysisk aktivitet. Den termiska miljön kan ses som en kombination av fysiska, fysiologiska och psykologiska faktorer där alla dessa tillsammans påverkar människors termiska upplevelse. De fysiska faktorerna omfattar exempelvis lufttemperatur, medelstrålningstemperatur och

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

lufthastighet. De fysiologiska faktorerna handlar främst om kroppens värmeproduktion (aktivitetsnivå) och beklädnadsisolering. De psykologiska faktorerna berör individens upplevelse, förväntningar och tidigare erfarenheter av den termiska miljön. I lokaler där fysisk aktivitet utförs är den fysiologiska faktorn särskilt betydelsefull eftersom den metaboliska aktiviteten är hög, vilket leder till att kroppen producerar stora mängder värme som måste avges till omgivningen (Fantozzi & Lamberti, 2019, s. 22).

Fantozzi och Lamberti (2019, s. 23) framför även följande i sin slutsats ” Moreover, there is a lack in standards concerning the environmental parameters that should be maintained in sport halls.” Detta innebär att det finns behov av tydligare riktlinjer för vilka miljöparametrar som ska upprätthållas i idrottshallar för ett välfungerande inomhusklimat.

Fletcher (2025, s. 1) nämner i sin studie att vanliga mått för bedömning av termisk komfort, såsom Fangers PMV och PPD modell till stor del är framtagna utifrån stillasittande eller nära stillasittande individer. Tidigare forskning om termisk komfort under träning har främst skett i laboratoriemiljöer. Fletcher genomförde därför en enkätstudie om termisk komfort under träning för att få en inblick i deltagarnas upplevelse av det termiska klimatet, komforten och termiska preferenser i en multifunktionell träningsanläggning i England. Studien utfördes under en tvåårsperiod i en anläggning med självdrag.

Utifrån studien kom Fletcher (2025, s. 14) fram till att termisk komfort under fysisk aktivitet upplevdes vid lufttemperaturer mellan 13°C och 24°C. Studien visade även att deltagarnas upplevelse av hur varma eller kalla de kände sig påverkades mer av aktivitetsnivån än av lufttemperaturen. När lufttemperaturen översteg 24°C minskade deltagarnas tolerans för de termiska förhållandena.

Fantozzi och Lamberti (2019, s. 14) nämner i sin studie att italienska CONI riktlinjer innehåller anvisningar för bland annat luftkvalitet och termisk miljö i idrottshallar. Eftersom denna studie fokuserar på träningsytor där fysisk aktivitet utförs redovisas endast de utrymmen som är relevanta för studiens syfte i tabell (2.4). CONI ursprungliga riktlinjer är publicerade på italienska och har därför inte granskats direkt i denna studie. Tabell (2.4) bygger på den engelskspråkiga redovisningen av riktlinjerna i Fantozzi och Lamberti (2019, s. 14).

Tabell 2.4 Utdrag för olika utrymmen i idrottshallar enligt CONI:s riktlinjer (Fantozzi & Lamberti 2019, s. 14).

Lufttemperatur (°C)	Luftomsättning (h ⁻¹)	Maximal lufthastighet (m/s)	Utrymme
16 - 20	3	0,15	Aktivitetsyta
20 – 22	3	0,15	Uppvärmnings och förberedelse yta

2.3 Luftflöde enligt myndigheter, allmänna råd och riktlinjer

För att skapa förståelse för dagens dimensioneringskrav presenteras nedan riktlinjer och rekommendationer kring luftflöde i träningsanläggningar

2.3.1 Boverkets föreskrifter och allmänna råd

Boverket (2024) anger i sina föreskrifter och allmänna råd att byggnader ska utformas med ett lägsta luftflöde motsvarande 0,35 l/s per m² golvarea. Boverket anger samt att ventilationssystem ska kunna föra bort fukt, hälsofarliga ämnen, besvärande lukt, utsöndringsprodukter från personer och byggmaterial, samt föroreningar från verksamheter i byggnaden i den utsträckning sådana olägenheter inte förs bort på annat sätt.

2.3.2 Luftflöde enligt Folkhälsomyndigheten

Folkhälsomyndigheten (2024) anger i deras vägledning (förtydligande) av Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation (2014) att idrottslokaler, gym och allmänna lokaler till skillnad från de allmänna råden behöver anpassa sitt luftflöde efter hur många människor som vistas i lokalen och aktiviteten som utförs. Samt anger Folkhälsomyndigheten att man i träningslokaler brukar räkna med ett uteluftflöde på 10-15 l/s per person, detta är för att ta hand om den ökade mängden föroreningar.

2.3.3 Rekommenderade luftflöden i idrottsanläggningar

Östlund (2021, s.114) framför olika minimikrav på luftflöden som kan utnyttjas vid dimensionering av byggnader och olika typer av verksamheter. I tabell (2.5) anges minimiluftvärden för idrottsanläggningar beroende på aktivitet. Värdena bygger på Östlunds sammanställning av krav och rekommendationer från myndigheter och allmänna råd.

Tabell 2.5 minimikrav på luftflöde (Östlund 2021, s.114).

Aktivitet	q, luftflöde (l/s p)	Kommentar
Lagsporter	17,5	
Tennis, Badminton	29,0	
Motions-, träningslokal	12,0–25 25,0–32,0	Normalträning, Hårdträning, utifrån aktivitetsgrad.
Spinning	45,0–50	

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

Skillnaderna mellan aktiviteterna kan delvis förklaras av skillnader i persontäthet, där aktiviteter som spinning normalt innebär fler personer per golvarea (m^2) än exempelvis badminton.

2.4 Dimensionering av luftflöde utifrån koldioxidavgivning och personbelastning

Folkhälsomyndigheten (2014) anger i sina allmänna råd att

”Om koldioxidhalten i ett rum vid normal användning regelmässigt överstiger 1 000 parts per million (ppm), bör detta ses som en indikation på att ventilationen inte är tillfredsställande.”

Så för att ventilationen ska anses vara tillfredsställande bör koldioxidhalten inte överstiga 1000 ppm i allmänna lokaler, skolor och kontor. Koldioxidhalten används främst som en indikator på personrelaterade föroreningar i inomhusluften. En låg koldioxidhalt kan därför indikera att ventilationen är tillräcklig i förhållande till personbelastningen, men säger inte nödvändigtvis något om andra föroreningskällor i lokalen. Om man vet koldioxidavgivningen från en människa, vilken är kopplad till aktivitetsnivån, kan man beräkna vilket luftflöde lokalen ska ha för att uppnå 1000 ppm som mest, utifrån antalet personer som vistas i lokalen.

I skolor och lokaler för barnomsorg rekommenderas ett uteluftsflöde på minst 7 l/s per person vid stillasittande aktiviteter. Utöver detta bör även ett tillägg på minst 0,35 l/s per m^2 golvarea inkluderas för att ta hänsyn till föroreningar från andra källor än människor (Folkhälsomyndigheten 2014).

Zhang, Li & Wang (2025, s.26) beskriver i sin studie att träningslokaler ofta har hög personbelastning och ökad andningsfrekvens vilket kan påverka luftkvaliteten och öka behovet av ventilation. Författarna beskriver även att parametrar såsom ventilation, luftflöde och föroreningsnivåer är centrala för att upprätthålla en god luftkvalitet i träningsanläggningar. Studien framför även att fysisk aktivitet kan öka människors exponering för luftföroreningar genom högre andningsfrekvens, vilket ställer högre krav på lokalens luftomsättning och förmåga att avlägsna föroreningar från inomhusluften.

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

För att dimensionera luftflödet utifrån koldioxidkoncentrationen används följande ekvation (Nordquist 2025, s. 35). Ekvationen bygger på föroreningsekvationen vid jämvikt, vilket innebär att koldioxidproduktionen i lokalen antas balanseras av bortförslen via ventilationen.

$$q = \frac{p}{(CO_{2in} - CO_{2ute})} \quad (2.1)$$

Här är

q	Luftflödet (m ³ /s)
p	CO ₂ avgivning (m ³ /s)
CO_{2in}	Miljondelar koldioxidhalt inomhus (-)
CO_{2ute}	Miljondelar koldioxidhalt utomhus (-)

Luftflödet kan dimensioneras genom att beakta koldioxidhalten enligt ekvation (2.1). Kapalo et al (2021) har studerat människans koldioxidavgivning som en funktion av aktivitetsnivån (metabolism) genom att mäta i träningslokaler.

Experimentella mätningar utfördes där 10 personer 1 gång i veckan utförde olika träningspass i totalt 5 veckor. Under experimenten mättes lokalens CO₂ koncentration. Under mätningarna hölls fönster och dörrar stängda, vilket innebar att luftomsättningen skedde genom otätheter. Luftomsättningen genom otätheter beräknades genom att mäta koldioxidkoncentrationen även efter att testerna hade genomförts. När personerna hade lämnat lokalen användes minskningen av koldioxidkoncentrationen i rummet för att mäta avklingningen av CO₂-halten. Med hjälp av avklingningen beräknades luftomsättningen, där koldioxiden i inomhusluften användes som spårgas. Utifrån CO₂ koncentrationen beräknades koldioxidavgivningen baserat på träningspassens MET-värden. Med hjälp av experimentets mätningar och aktivitetsnivåer togs ekvationen för koldioxidavgivningen beroende av aktivitetsnivån fram (Kapalo et al 2021, s.3-5).

De framför i sin rapport att koldioxidutsläppet vid träning på gym är linjärt beroende av aktivitetsnivån. I studien fås ekvationen $y = 0,2413 x$ med $R^2 = 0,9978$, där y värdet är CO₂ produktion i Liter/minut från en person och x värdet är aktivitetsnivån i MET.

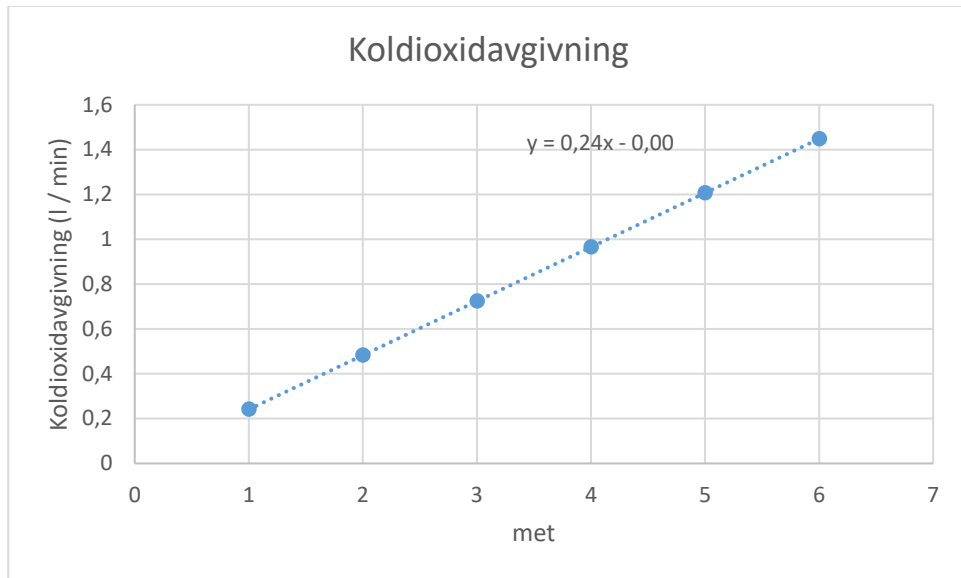
CO₂ avgivningen är linjär i träningslokaler med aktivitetsnivån och följer nedanstående ekvation enligt Kapalo et al (2021, s. 6)

$$y = \frac{0,2413 x}{60000} \quad (2.2)$$

Här är

y	CO ₂ avgivning (m ³ /s person)
x	Metabolism (MET)

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar



Figur 2.2 illustrerar grafen för koldioxidavgivning beroende av MET-värde (Kapalo et al. 2021, s. 6).

Ventilationsflöden kan uttryckas i förhållande till den ventilerade volymen som luftomsättning per timme enligt ekvation (2.3) (Warfvinge & Dahlblom 2010, s. 2:5).

$$\eta = \frac{q}{V} \quad (2.3)$$

Här är

η	Luftomsättning (h^{-1})
q	Ventilationsflöde (m^3/h)
V	Rumsvolym (m^3)

2.5 Aerosoler

Aerosoler behandlas i studien eftersom fysisk aktivitet kan innebära ökad andningsfrekvens vilket kan påverka mängden luftburna partiklar och därmed ventilationens betydelse för ett hygieniskt inomhusklimat.

Halterna av föroreningar i inomhusluften påverkas av vilka föroreningskällor som finns i byggnaden, hur stora utsläppen från dessa är samt typen av föroreningar. Luftflöde, ventilationens effektivitet och kvaliteten på den tillförda luften har betydelse för luftkvaliteten inomhus. Luften kan tillföras både genom ventilationssystemet och genom

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

luftläckage via otätheter i byggnaden. Vid användning av ett ventilationssystem som är välutformat för lokalens ändamål kan koncentrationerna av gaser och partiklar hållas på en tillräckligt låg nivå för att olägenheter ska undvikas (EMTF 2013, s. 19-20).

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

3 Metod

I detta kapitel presenteras studiens metod och hur resultaten togs fram. Studien genomfördes med hjälp av litteraturstudie, beräkningar och bearbetning av data i Excel för att undersöka sambandet mellan fysisk aktivitet, upplevd operativ temperatur och luftflödesbehov i träningslokaler. Kapitlet beskriver även hur referensdiagram, bilagor och ekvationer användes för att skapa modeller för önskad operativ temperatur och dimensionering av luftflöde utifrån koldioxidavgivning.

3.1 Metod för framtagning av operativ temperatur och temperaturintervall

I detta avsnitt presenteras metoden för hur den önskade operativa temperaturen har tagits fram i resultatet.

Vid träning förekommer högre aktivitetsnivåer och därmed högre värmeavgivning från människan än för de MET-värden som anges i figur (2.1). För att kunna bestämma en operativ temperatur som ger bra termisk komfort i träningsanläggningar behövdes därför ett nytt diagram tas fram. Antagandet gjordes att sambandet mellan optimal operativ temperatur för olika clo och MET-värden är samma som för lägre aktiviteter i bostäder, kontor och skolor. Kurvorna i figur (2.1) antogs därför kunna extrapoleras för högre aktivitet. Clo-värden för träningsanläggningar antas variera mellan 0,2-0,5 clo.

För utformning av ett nytt operativ temperaturdiagram användes temperaturkurvorna 10–20 °C från figur (2.1). Det framtagna diagrammet begränsades från 0 till 6 MET eftersom detta intervall motsvarar det område där de extrapolerade temperaturkurvorna fortfarande kunde användas utifrån de avlästa värdena. Diagrammet motsvarar PPD<10%, enligt SS-EN ISO 7730 (2), vid en lufthastighet på högst 0,1 m/s (EMTF 2013, s. 25). Det nya diagrammet bildades genom att avläsa punkter okulärt på de olika temperaturkurvorna för olika clo och MET-värden där 5 till 8 punkter extraherades från det befintliga diagrammet beroende på storleken på grafen där större kurvor fick fler mätpunkter. De nya graferna behöll samma antaganden om samma samband mellan aktivitet, clo-värde och operativ temperatur som ger termisk komfort som ursprungsdiagrammet då de nya graferna extrapolerades från figur (2.1). Se bilaga A-F för mätvärden och efterliknande diagram.

Därefter bildades ekvationer för de olika temperaturerna. För att följa formen i figur (2.1) och få ett så högt R^2 värde som möjligt valdes efter tester av olika ekvationer polynomekvationer för att efterlikna kurvformen.

Med hjälp av ekvationerna beräknades samband mellan varierande clo-värde och MET-värde från clo 0,05 till 1. Dessa listor bildade sedan i Excel den framtagna figuren (4.1.)

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

Se bilaga G för sammanställda listor. I tabell (4.1) redovisas ekvationerna för varje operativ temperatur från figur (2.1). I tabell (4.2 – 4.5) tillämpades ekvationerna för clo-värdet 0,2-0,5 för att ta fram gällande MET-värde för respektive operativa temperatur med varierande klädsel.

Eftersom studien utgår från det befintliga referensdiagrammet begränsas aktivitetsnivån i figur (4.1) till högst 4,8 MET vid clo-värde 0,3. Clo-värdet antogs vara 0,4 för övning 4–5 i tabell (4.6) medan resterande övningar antogs ha ett clo-värde på 0,3 motsvarande tropikklädsel enligt tabell (2.3).

Figur (4.2) bildades genom att begränsa y-axeln där lägsta y värdet var 3 för att göra figuren mer tydlig för studien då aktiviteten i träningslokaler ofta överstiger 3 MET och illustrerar temperaturintervallen tydligt. Därefter mättes temperaturintervallens start och slutpunkter för max 10% PPD på x-axeln vid y=3. Därefter antogs temperaturintervallen fortsätta uppåt inom det extrapolerade området. Intervallen markerades med transparenta fält i figur (4.2) för att representera de olika intervallen för dimensionerande operativ temperatur.

3.2 Framtagning av CO₂ avgivning för varierande aktivitetsgrad

CO₂ avgivningen beräknades genom att använda ekvation (2.2).

$$y = \frac{0,2413 x}{60000} \quad (2.2)$$

Här är

y	CO_2 avgivning (m ³ /s)
x	Metabolism (MET)

Ekvation (2.1) för luftflöde kombinerades med ekvation (2.2) för CO₂ avgivning. För beräkningen antogs koldioxidhalten vara 1000 ppm inomhus och 400 ppm utomhus. Detta gav ekvationerna som redovisas i avsnitt (4.3). Aktiviteterna och deras MET-värden hämtades från tabell (2.1). Aktiviteterna valdes med omtanke om att det skulle finnas variation i träningstyp och MET-värde för att öka resultatets bredd. Se bilaga H för beräkning av koldioxidavgivning per person.

3.3 Metod för dimensionering av träningslokaler

En ekvation bildades för att både ta hänsyn till lokalens storlek och människornas koldioxidavgivning med hjälp av Folkhälsomyndighetens allmänna råd, ekvation (2.1) och (2.2) där det beräknade luftflödet per person utifrån lokalens aktivitet ersatte

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

folkhälsomyndighetens rekommenderade 7 l/s per person medan luftflödet för golvytan fortfarande var 0,35 l/s per m² golvyta.

För de tre olika typerna av träningslokaler som presenteras i avsnitt (4.5) antogs olika golvytor beroende på lokaltyp. Gymlokal antogs vara 800 m², yogalokal antogs vara 100 m² och gympasal antogs vara 900 m². För att beräkna volymen gjordes antagande kring takhöjderna i de olika lokalerna där gymlokal och yogalokal antogs ha en takhöjd på 3 meter medan gympasalen antogs ha en takhöjd på 7 meter. Det antogs även att lokalerna som minst hade 5 personer och max 25 eller 50 beroende på aktivitet, där aktiviteter som ofta utförs i yogalokal antogs vara max 25 personer medan träning som utförs i gym eller gympasal antogs vara max 50 personer för att bilda en realistisk bild av rummets luftflödesbehov. Eftersom träningslokaler ofta används för flera olika aktiviteter är aktivitetsnivån inte konstant över tid. En gympasal kan exempelvis användas för yoga, bollspel eller högintensiv gruppträning, vilket innebär att MET-värde, värmeavgivning och koldioxidproduktion varierar beroende på användning. I studien används därför valda aktiviteter och medelvärden som förenklade dimensioneringsfall, snarare än som konstanta värden som gäller för all användning av lokalen. Relevanta aktiviteter från tabell (4.6) användes för att beräkna ett medelvärde för aktivitetsnivån i varje lokal. Utifrån aktivitetsnivån avlästes det operativa temperaturintervallet, därefter beräknades CO₂ per person för varje lokal med ekvation (2.2) se bilaga I.

Luftflödet för hela lokalen beräknades med ekvation (4.3) utifrån personbelastning, luftflöde per person och golvyta. Utifrån lokalernas golvyta och takhöjd beräknades volymen för respektive lokal. Därefter beräknades luftomsättningen med ekvation (2.3).

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

4 Resultat och Analys

I detta kapitel presenteras studiens resultat, först presenteras de olika ekvationerna för graferna som tillhör den operativa temperaturen, därefter presenteras en sammanställning av graferna i ett diagram där man med hjälp av MET och clo-värde kan ta fram den operativa temperaturen. Därefter presenteras den operativa temperaturen med temperaturintervall för MET 3 till 6. Därefter presenteras olika exempel på aktiviteter och hur man kan dimensionera den operativa temperaturen och luftflödet dimensionerat av koldioxidavgivningen. Avslutningsvis tillämpas resultaten i tre olika lokaler för att beräkna luftflöde och luftomsättning utifrån antagen aktivitet, lokalstorlek och personbelastning.

4.1 Ekvationer och diagram för operativ temperatur som funktion av clo och MET

Tabell 4.1 visar sambandet mellan clo och MET vid jämna operativa temperaturer mellan 10–20 °C. Ekvationerna är polynomekvationer där x står för clo-värdet och y motsvarar aktivitetsnivån, R^2 värdet för varje ekvation anges i tabellen.

Tabellen möjliggjorde framtagning av figur 4.1. I tabellen kan man se att R^2 värdena är nära 1 vilket innebär att kurvorna stämde väl överens med referensdiagrammet.

Tabell 4.1 Framtagna ekvationer för MET som funktion av clo-värde för att uppnå termisk komfort.

Operativ temperatur	$y = ax^2 + bx + c$	R^2
10°C	$0,6604x^2 - 3,2224x + 5,5835$	0,9999
12°C	$0,7963x^2 - 3,4568x + 5,3647$	0,9999
14°C	$0,8838x^2 - 3,5598x + 5,0466$	0,9993
16°C	$1,178x^2 - 3,9783x + 4,8241$	0,9993
18°C	$1,2322x^2 - 3,7774x + 4,2486$	0,995
20°C	$1,8117x^2 - 4,2442x + 3,8839$	0,9987

I tabell (4.2 – 4.5) utnyttjas ekvationerna från tabell (4.1) för att ta fram MET-värden för de olika operativa temperaturerna med clo-värde 0,2, 0,3, 0,4, 0,5.

Tabell 4.2 MET-värden för olika operativa temperaturer med clo 0,2.

Aktivitetsnivå (MET)	Operativ temperatur
4,97	10°C
4,71	12°C
4,37	14°C
4,08	16°C
3,54	18°C
3,11	20°C

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

Tabell 4.3 MET-värden för olika operativa temperaturer med clo 0,3.

Aktivitetsnivå (MET)	Operativ temperatur
4,68	10°C
4,40	12°C
4,06	14°C
3,74	16°C
3,23	18°C
2,77	20°C

Tabell 4.4 MET-värden för olika operativa temperaturer med clo 0,4.

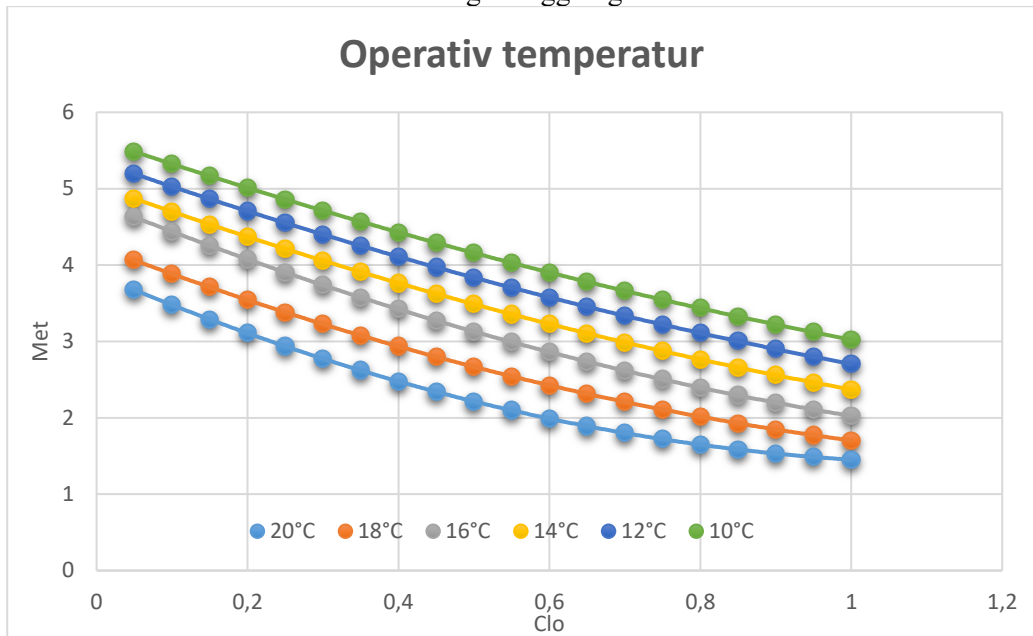
Aktivitetsnivå (MET)	Operativ temperatur
4,40	10°C
4,11	12°C
3,76	14°C
3,42	16°C
2,93	18°C
2,48	20°C

Tabell 4.5 MET-värden för olika operativa temperaturer med clo 0,5.

Aktivitetsnivå (MET)	Operativ temperatur
4,14	10°C
3,84	12°C
3,49	14°C
3,13	16°C
2,67	18°C
2,21	20°C

Figur (4.1) visar sambandet mellan operativ temperatur och clo, med antagandet att diagrammet följer ursprungsdiagrammets antaganden där PPD < 10% och lufthastigheten är högst 0,1 m/s. Figur (4.1) har större skala på Y-axeln än ursprungsdiagrammet där MET är mellan 0 och 6 men bygger på samma temperaturer som referensdiagrammet.

Figuren visar att den operativa temperaturen minskar vid högre MET-värden vilket innebär att den operativa temperaturen måste sänkas vid högre aktivitetsgrad för att bibehålla den termiska komforten. Samma princip gäller för clo-värdet där den operativa temperaturen måste öka för ett lägre clo-värde.



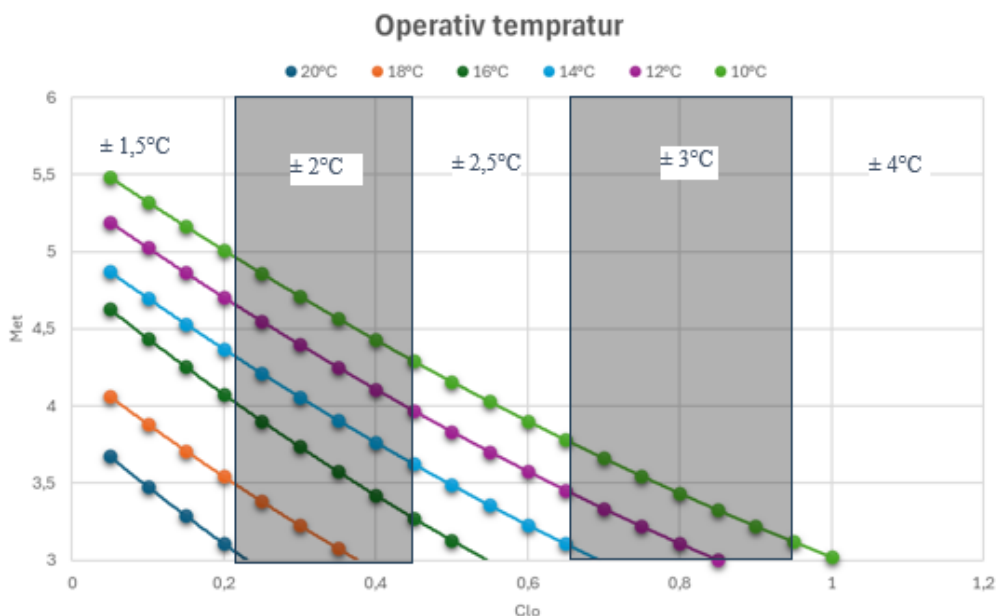
Figur 4.1 Extrapolerad operativ temperatur utifrån clo och MET för termisk komfort.

4.2 Temperaturintervall vid olika aktivitetsnivåer

Figur (4.2) visar sambandet mellan clo, MET och temperaturintervallerna som finns för MET 3–6. Temperaturintervallen har tagits fram enligt metoden som beskrivs i avsnitt 3.1.

Temperaturintervallen i diagrammet visar området för den optimala operativa temperaturen vid olika MET och clo-värden för att uppnå max 10% PPD. Detta innebär att man via diagrammet inte behöver bestämma ett optimalt värde på den operativa temperaturen utan man får ett spann på den operativa temperaturen.

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar



Figur 4.2 extrapolerad operativ temperatur med temperaturintervall utifrån clo och MET för termisk komfort.

4.3 Luftflöde utifrån aktivitetsnivå och personbelastning

Ekvation (4.1) redovisar det dimensionerande luftflöde utifrån aktivitetsnivå och antal personer. Faktorn 60000 används för att omvandla koldioxidavgivningen från l/min till m³/s, eftersom sambandet från Kapalo et al. (2021) anger CO₂-avgivningen i l/min.

$$q = \frac{n \cdot \left(\frac{0,2413x}{60000} \right)}{(CO_{2in} - CO_{2ute})} \quad (4.1)$$

Här är

q	Luftflödet (m ³ /s)
n	Antal personer
x	Aktivitetsnivå (MET)
CO_{2in}	Miljondelar koldioxidhalt inomhus (-)
CO_{2ute}	Miljondelar koldioxidhalt utomhus (-)

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

Om koldioxidhalten inomhus som högst ska uppgå till 1000 ppm och koldioxidhalten utomhus antas vara 400 ppm blir ekvationen för flödet som funktion av MET och antal personer enligt ekvation (4.2) för träningsanläggningar. Ekvation (4.1) har förenklats för att kunna beräkna luftflödet i l/s.

$$q = n \cdot x \cdot 6,70 \quad (4.2)$$

Här är

q	<i>Luftflödet (l/s)</i>
n	<i>Antal personer</i>
x	<i>Aktivitetsnivå (MET)</i>

4.4 Aktiviteters dimensionerande inomhusklimat

I tabell (4.6) anges MET-värde clo-värde och den operativa temperaturen för 6 olika aktiviteter. Tabellen redogör även för hur mycket CO₂ en person avger under aktiviteten och vilket luftflöde per person aktiviteterna bör dimensioneras efter.

I tabell (4.6) bestäms den operativa temperaturen av MET-värdet och clo-värdet där ett högre MET-värde ger en lägre operativ temperatur och ett högre clo-värde ger en lägre operativ temperatur. MET-värdet styr CO₂ per person där ett högre MET-värde innebär en högre koldioxidavgivning per person vilket innebär att det krävs ett högre luftflöde per person.

Tabell 4.6 Dimensionerande inomhusklimat för utvalda aktiviteter.

Övning	Aktivitet	Met	Clo	Operativ temp PPD 10%	CO ₂ avgivning Per person (l/h)	q, luftflöde per person (l/s)
1	Kroppsviktsövningar, måttlig intensitet	3,8	0,3	16°C, ± 2°C	55,0	25,5
2	Kroppsviktsövningar (t.ex. knäböj, utfall, armhävningar, crunches), generell	3,0	0,3	19°C, ± 2°C	43,4	20,1
3	Styrketräning med flera övningar, 8–15 repetitioner vid varierande belastning	3,5	0,3	17°C, ± 2°C	50,7	23,5
4	Yoga, generell	2,3	0,4	21°C, ± 2°C	33,3	15,4
5	Pilates, generell	2,8	0,4	18°C, ± 2°C	40,5	18,8
6	Aerobisk dans, måttlig intensitet	4,8	0,3	10°C, ± 2°C	69,5	32,2

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

Operativ temperatur och luftflöde har beräknats för de lägsta och högsta värden som kan antas förekomma för klädsel och aktivitetsnivå i träningslokaler och redovisas i tabell (4.7). Högre aktivitetsnivåer kan förekomma i träningslokaler, men operativa temperaturer för dessa finns inte redovisade i referensdiagrammet och har därför inte kunnat bestämmas med den använda metoden. Aktivitetsnivån kommer dessutom att variera i en träningslokal. I ett gym sker exempelvis vilopauser mellan lyften. Aktivitetsnivåerna i det framtagna diagrammet (figur 4.2) och de högsta värdena i tabell (4.7) kan därför antas motsvara en genomsnittlig aktivitetsnivå.

Tabell 4.7 Dimensionerande inomhusklimat i träningslokaler generellt; för lägsta och högsta studerad aktivitet och klädsel.

Beskrivning	MET	Clo	Operativ temp 10% PPD	CO ₂ avgivning Per person (l/h)	q, luftflöde per person (l/s)
Låg aktivitet och lite klädsel	2	0,2	24°C, ± 1,5°C	29,0	13,4
Låg aktivitet och mer klädsel	2	0,5	21°C, ± 2,5°C	29,0	13,4
Hög aktivitet och lite klädsel	5	0,2	10°C, ± 1,5°C	72,4	33,5
Hög aktivitet och mer klädsel	4,2	0,5	10°C, ± 2,5°C	60,8	28,1

4.5 Dimensionering av träningsanläggningar

För samtliga lokaler antas ventilationen bestå av ett FTX system med mekanisk till och frånluft.

Utifrån litteraturstudien bildades nedanstående ekvation för att ta fram luftflöde för lokalen samtidigt som hänsyn tas till koldioxidavgivningen och lokalens golvyta.

$$q = n \cdot q_p + 0,35 \cdot A \quad (4.3)$$

Här är

q	Totalt luftflöde (l/s)
n	Antal personer (pers)
q_p	Luftflöde per person (l/s)
A	Area (m ²)

Luftomsättningen för nedanstående lokaler beräknades enligt ekvation (2.3)

4.5.1 Gymlokal

Enligt tabell (4.8) är den operativa temperaturen för en gymlokal $17,0^{\circ}\text{C} \pm 2$. Enligt ekvation (4.3) är luftflödesbehovet för minimum respektive maximal personbelastning 395 respektive 1430 l/s.

Detta innebär att gymmet vid minimum personbelastning på 5 personer har ett luftflödesbehov på $0,5 \text{ l/s m}^2$ medan luftflödesbehovet ökar under maximal personbelastning på 50 personer till $1,8 \text{ l/s m}^2$.

Tabell 4.8 Dimensionerande inomhusklimat och luftflöde för gymlokal baserat på aktivitetsnivå och beklädnadsgrad.

Area (m ²)	Met	Clo	Operativ temp 10% PPD	CO ₂ avgivning Per person (l/h)	q, luftflöde per person (l/s)	Min och max luftflöde (l/s)	Luftflöde per golvyta (l/s m ²)	Luftomsättning (h ⁻¹)
800	3,43	0,3	$17,0^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	49,7	23,0	395 - 1430	0,5 - 1,8	0,6 - 2,1

4.5.2 Yogalokal

Enligt tabell (4.9) är den operativa temperaturen för en yogalokal $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Enligt ekvation (4.3) är luftflödesbehovet för minimum respektive maximal personbelastning 121 l/s respektive 463 l/s.

Detta innebär att yogalokalen under minimum personbelastning på 5 personer har ett luftflödesbehov på $1,2 \text{ l/s m}^2$ medan luftflödesbehovet ökar under maximal personbelastning på 25 personer till $4,6 \text{ l/s m}^2$.

Tabell 4.9 Dimensionerande inomhusklimat och luftflöde för yogalokal baserat på aktivitetsnivå och beklädnadsgrad.

Area (m ²)	ME T	Clo	Operativ temp 10% PPD	CO ₂ avgivning Per person (l/h)	q, luftflöde per person (l/s)	Min och max luftflöde (l/s)	Luftflöde per golvyta (l/s m ²)	Luftomsättning (h ⁻¹)
100	2,55	0,4	$20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	36,9	17,1	121 - 463	1,2 - 4,6	1,5 - 5,6

4.5.3 Gympasal

Enligt tabell (4.10) är den operativa temperaturen för en gympasal $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Enligt ekvation (4.3) är luftflödesbehovet för minimum respektive maximal personbelastning 476 l/s respektive 1925 l/s.

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

Detta innebär att gympasalen under minimum personbelastning på 5 har ett luftflödesbehov på 0,5 l/s m² medan luftflödesbehovet ökar under maximal personbelastning på 50 till 2,1 l/s m².

Tabell 4.10 Dimensionerande inomhusklimat och luftflöde för gympasal baserat på aktivitetsnivå och beklädnadsgrad.

Area (m ²)	ME T	Clo	Operativ temp PPD 10%	CO ₂ avgivning Per person (l/h)	q, luftflöde per person (l/s)	Min och max luftflöde (l/s)	Luftflöde per golvyta (l/s m ²)	Luftoms ättning (h ⁻¹)
900	4,80	0,3	10°C, ± 2°C	69,494	32,2	476 - 1925	0,5 – 2,1	0,3 – 1,1

5 Diskussion

I diskussionen diskuteras studiens resultat i relation till syftet, frågeställningarna och befintlig litteratur. Kapitlet behandlar även osäkerheter och tillämpbarhet i studien.

5.1 Resultat i relation med syfte och frågeställningar

I inledningen av arbetet presenterades studiens syfte och frågeställningar. Syftet uppfylldes då resultatet visar ett samband där operativ temperatur kan dimensioneras av clo och MET-värde medan luftflödet kan dimensioneras genom att beräkna koldioxidavgivningen med hjälp av aktivitetens MET-värde. Detta är aktuellt för träningslokaler som oftast har ett högt MET-värde.

Frågeställningarna besvarades genom att föreslå operativa temperaturer och luftflöden för olika aktiviteter. Den operativa temperaturen kopplades till aktivitetsnivå och beklädnadsgrad med hjälp av figur (4.1) och figur (4.2) som skapades i studien. Studien presenterade även ett samband för hur koldioxidavgivningen från en människa påverkas av MET-värde, vilket användes för att beräkna dimensionerande uteluftsflöde utifrån aktivitetsnivå och personbelastning.

Resultatet tillämpades även på tre olika typer av träningslokaler i form av gymlokal, yogalokal och gypsal. Detta visade hur aktivitetsnivå, personbelastning och lokalstorlek påverkar det totala luftflödet och luftomsättningen.

5.2 Operativ temperatur vid fysisk aktivitet

I figur (4.1) och (4.2) ser man att den fysiska aktiviteten har en stor påverkan på vilken operativ temperatur man dimensionerar efter. Detta innebär att träningsanläggningar enligt studien bör dimensionera för en lägre operativ temperatur än vad man har i kontor och skolmiljöer för att bibehålla termisk komfort hos användarna i lokalerna. Vilken operativ temperatur lokalen ska uppnå beror på vilka fysiska aktiviteter som utförs och vilken beklädnadsgrad människorna i lokalen har. Ofta utförs flera olika fysiska aktiviteter i samma lokal och därmed bör lokalen dimensioneras för en operativ temperatur som ger god termisk komfort för de vanligaste aktiviteterna i lokalen.

Det operativa temperaturintervallet enligt figur (4.2) bygger på kriteriet $PPD < 10 \%$ vilket innebär att som högst 10 % av personerna förväntas vara missnöjda. Resultaten indikerar att aktivitetsnivån tillsammans med beklädnadsgraden för de tre beräknade träningslokalerna gav ett intervall på $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ för att uppnå högst 10 % missnöjda PPD med det termiska klimatet.

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

Resultatet kan jämföras med slutsatsen i Fletcher (2025, s. 14) där han angav att termisk komfort upplevdes mellan lufttemperaturen 13 °C och 24 °C. I denna studie varierade den dimensionerande operativa temperaturen för aktiviteterna i tabell (4.6) mellan 10 °C och 21 °C. Även om Fletcher redovisar lufttemperatur och denna studie redovisar operativ temperatur är måtten närliggande vilket möjliggör att de kan jämföras översiktligt. Fletcher visade även att aktivitetsnivån hade större påverkan på temperaturupplevelsen än lufttemperaturen. Detta är relevant för denna studie eftersom resultaten visar att aktivitetsnivån behöver beaktas vid dimensionering av den operativa temperaturen för träningslokaler.

5.3 Luftflöde och CO₂ vid träning

Sambandet mellan aktivitetsnivå och koldioxidavgivning var linjärt enligt studien, där ett större MET-värde gav en högre koldioxidavgivning per person. Detta innebär att ökad aktivitetsnivå medför ett större luftflödesbehov för att sänka koldioxidkoncentrationen och kravet på luftflödet ökade med personbelastningen.

Personbelastningen påverkade det rekommenderade luftflödet mycket vilket innebär att även ett litet gym kan vid hög belastning få en hög koldioxidkoncentration. Detta gäller till exempel gruppträning som sker i lokaler. Träningsanläggningar har varierande behov av luftflöde där det vid gruppträning med hög MET kommer vara hög belastning på ventilationssystemet medan ett gym under sena kvällstider kommer ha lägre belastning. Detta indikerar behov av en behovsstyrd ventilation då ventilationskraven kan skilja sig mycket under dagen men även under olika tider på året om ett energieffektivt system ska uppnås. Resultatet visar att både antalet personer och aktivitetsnivån måste beaktas vid dimensionering av luftflöde där standardluftflöden för lokaler, såsom skolor och kontor enligt BBR och Folkhälsomyndigheten kan vara otillräckliga.

Studiens beräkningsmodell i ekvation (4.3) kan jämföras med Folkhälsomyndighetens allmänna råd, där luftflödet i skolor och lokaler för barnomsorg anges som 7 l/s per person vid stillasittande aktiviteter samt ett tillägg på 0,35 l/s per m² golvarea. I denna studie behålls tillägget på 0,35 l/s per m², medan personflödet görs beroende av aktivitetsnivån. Vid låg aktivitetsnivå ligger det beräknade personflödet nära Folkhälsomyndighetens 7 l/s per person, medan högre aktivitetsnivåer ger större luftflödesbehov.

Resultatets luftflöden per person kan jämföras med tabell (2.5) där övning 1-3 är övningar som generellt utförs i träningslokaler och befinner sig på samma intervall som anges för motions och träningslokaler i tabell (2.5). Detta innebär att resultatet stämmer väl överens med riktvärden som finns för uteluftflöde från Östlund (2021, s.114). Till skillnad från riktvärdena så innefattar studiens resultat en större detaljeringsgrad där läsare kan ta MET-värde från tabell (2.1) eller annan källa och transformera detta till en

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar
dimensionerande siffra utifrån MET genom att utnyttja ekvation (4.2) som tagits fram i studiens resultat.

I jämförelse med förtydligandet av Folkhälsomyndighetens allmänna råd (Folkhälsomyndigheten, 2024) där ett uteluftflöde på 10 - 15 l/s per person anges för träningslokaler har samtliga tre lokaler i studien dimensionerats för ett högre luftflöde per person där det lägsta luftflöde per person är i yogalokalen med ett luftflöde på 17,1 l/s. Detta indikerar att ett generellt luftflöde på 10 -15 l/s per person inte alltid motsvarar luftflödesbehovet i studiens beräknade träningslokaler.

Luftomsättningen i de beräknade lokalerna kan jämföras med de riktvärden som Fantozzi och Lamberti (2019, s. 14) redovisar i tabell (2.4) där luftomsättning 3 h^{-1} redovisas för aktivitetsyta. Jämfört med lokalernas luftomsättning så är det endast yogalokalen som under maximal personbelastning har en luftomsättning på $5,6 \text{ h}^{-1}$ som ligger över det redovisade riktvärdet på 3 h^{-1} . Luftomsättning har även volym som parameter vid beräkning jämfört med luftflöde, detta innebär att det finns fler parametrar som kan öka skillnaden mellan olika lokaler.

5.4 Aerosoler

Zhang, Li och Wang (2025, s. 26) beskriver att fysisk aktivitet kan öka människors exponering för luftföroreningar genom en högre andningsfrekvens. Detta är relevant för studiens resultat eftersom en högre aktivitetsnivå gav ett högre luftflöde.

Då resultatet anger ett högre luftflöde än kontor och skolor kan aerosoler föras bort snabbare än dessa lokaler. Däremot kan aerosoler som bildas från människor fortfarande påverka inneklimatet negativt. Eftersom fysisk aktivitet innebär högre andningsfrekvens blir det viktigt att luftflödet kan spåda ut och föra bort luftburna föroreningar.

5.5 Osäkerhet i resultatet

I studien finns det en del osäkerheter. Ekvationerna som skapades för att bilda figurerna (4.1) och (4.2) bygger på avläsningar från ursprungsdiagrammet, detta kan medföra små avläsningsfel som kan påverka de framtagna ekvationerna i Figurerna (4.1) och (4.2). Trots att R^2 värdena var nära 1 i de nya ekvationerna vilket innebär att de nära efterliknade ursprungsdiagrammet bör de framtagna operativa temperatur intervallen ses som uppskattningar och inte exakta värden, då kontroll av människornas upplevelse i t ex klimatkammare med dessa temperaturförhållanden inte har gjorts. En extrapolering har gjorts med antagandet att samma förhållande mellan MET och clo gäller och ger termisk komfort även vid högra MET-värden.

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

Vid hög aktivitetsnivå kan svettning uppstå, vilket påverkar värmebalansen och den termiska komforten. Därmed kan de optimala termiska förhållandena avvika från de framtagna temperaturerna. De högsta aktivitetsnivåerna som identifierades i litteraturstudien har dock inte använts. Detta beror både på att operativa temperaturer för dessa inte finns redovisade i referensdiagrammet och därför inte har kunnat bestämmas med den använda metoden, samt på att en lägre genomsnittlig aktivitetsnivå kan antas förekomma i lokalen eftersom vilopauser också förekommer. För träningsaktiviteter som redan ryms inom ISO 7730 diagrammet, såsom yoga (2,3 MET) är de redovisade operativa temperaturerna mer tillförlitliga. En ytterligare osäkerhet är att träningslokaler kan användas för flera olika aktiviteter över tid. En gympasal kan exempelvis användas för både lågintensiva aktiviteter och mer högintensiva bollspel, vilket innebär att ett enskilt dimensioneringsvärde inte kan representera all användning av lokalen.

MET-värdena i tabell (2.1) är generaliserade och det varierar mellan individer i form av kön, ålder, kroppsbyggnad etc. Clo-värdet skiljer sig även mellan olika individer där vissa gillar att börja sitt träningspass med mer kläder eller att kontinuerligt ha mer kläder. Det finns även skillnader på beklädningsgrad mellan årstider och tid på dag vilket innebär att resultatens operativa temperatur inte kommer tillfredsställa alla i lokalen. Detta innebär att resultaten bör tolkas som generella riktvärden för dimensionering snarare än exakta värden som tillfredsställer samtliga individer i lokalen.

Lokalberäkningarna bygger även på antaganden om golvyta, takhöjd, personbelastning, utvalda aktiviteter och medelvärden. Alla dessa faktorer kan skilja sig i olika lokaler, vilket innebär att det beräknade luftflödet och luftomsättningen kan förändras om andra förutsättningar används.

Den generella koldioxidhalten i utomhusluften ökar över tid. Om koldioxidhalten är högre än 400 ppm utomhus krävs ett större tilluftsflöde till träningslokalen än de redovisade värdena. Halten varierar också beroende på placering i förhållande till källor utomhus. De generella formlerna som redovisats möjliggör att man kan sätta in den aktuella koldioxidhalten för att beräkna luftflödena.

Studien bygger till stor del på teoretiska beräkningar och saknar därför en praktisk grund för att styrka resultatet. Vidare praktiska mätningar behövs för att verifiera studiens resultat vilket innebär att resultatet nu anses vara riktvärden och inte exakta dimensioneringsvärden.

5.6 Resultatens tillämpbarhet

Resultaten kan användas som vägledning vid tidig projektering av träningslokaler då det finns tydliga siffror man kan dimensionera luftflödet i lokalen genom att man antar antal personer, beklädnadsgrad och aktiviteter som kommer utföras i lokalen, därefter kan man beräkna luftflöde och ta fram den operativa temperaturen. Detta skiljer sig från myndighetskrav och riktlinjer som saknar tydliga aktivitetsbaserade dimensioneringsvärden för olika typer av träning. Med tanke på att resultatet ger

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

uppskattade riktvärden och intervall kan det användas som stöd i tidiga skeden vid projektering av träningslokalers inneklimat. Resultaten ska dock inte ses som exakta dimensioneringskrav och innebär inte att behovsstyrd ventilation måste användas i träningslokaler. Resultaten kan användas som riktvärden för operativ temperatur och luftflöde men bör jämföras med andra metoder. De beräknade lokalerna i avsnitt (4.5) visar även att resultatet kan användas för att jämföra olika typer av träningslokaler.

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

6 Slutsatser

Den operativa temperaturen för att uppnå termisk komfort har beräknats under antagandet att sambandet mellan aktivitetsnivå (MET) och klädsel (clo) är samma i träningslokaler som för kontor, skolor och bostäder med varierande clo och MET-värden. Under antagandet att lufthastigheten i lokalen är högst 0,1 m/s kan den operativa temperaturen approximeras för olika träningslokaler beroende på vilka aktiviteter som beräknas utföras, där högre aktivitetsnivåer kräver lägre operativ temperatur för att behålla termisk komfort. Vidare visade studien att träningsanläggningar kräver högre luftflöde desto högre MET-värde och personbelastning det är i lokalen. För de valda aktiviteterna varierade den dimensionerande operativa temperaturen mellan 10–21 °C. Luftflödet per person varierade mellan 15,4–32,2 l/s per person vid antagandet att koldioxidhalten inomhus får vara max 1000 ppm och koldioxidhalten utomhus är 400 ppm. Resultatet tillämpades på tre typlokaler som bestod av gymlokal, yogalokal och gympasal där tillämpningen användes för att visa hur personbelastning och lokalstorlek påverkar luftflöde och luftomsättning vid antagen aktivitet.

Resultaten kan användas som riktvärden i tidig projektering men är inte exakta siffror då det krävs närmare praktisk verifikation av resultatet. Resultaten är viktiga då de fyller kunskapsluckor i litteraturen och bidrar med vägledande riktvärden där aktivitetsnivån utnyttjas för att dimensionera lokalen. Resultaten bör däremot verifieras genom praktiska tester i verkliga träningslokaler innan de används som exakta dimensioneringsvärden.

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

7 Framtida forskning

Framtida studier skulle kunna kontrollera hur väl studiens resultat stämmer överens med praktiken genom att utföra experiment där försökspersoner med bestämda övningar får bedöma den termiska komforten medan människorna får ha valfri klädsel för att simulera ett riktigt clo-värde där det finns variation mellan olika individer. Forskning kring skillnader på termisk komfort och luftflöde för olika kön och åldrar är även högst relevant. Samtidigt skulle luftflöde i lokalen kunna dimensionera enligt resultatet där CO₂ nivån kontrolleras för att se om luftflödet uppehåller ett klimat med en komfortabel operativ temperatur och en låg CO₂ koncentration.

Studiens resultat bör kontrolleras i olika typer av befintliga träningslokaler för att se om det finns brister i en specifik typ av lokal eller storlek av lokal där annan metod av dimensionering har gjorts, eller bör revideras. Man skulle även kunna göra enkätstudier där man frågar hur de tränande upplever den termiska komforten och luftkvaliteten vid uppmätta värden i träningslokalen.

För framtidsforskning kan även mer detaljerade studier göras av luftens aerosoler och föroreningar, samt för vilket luftflöde som krävs om man dimensionerar för fuktbelastningen från människor, vilket inte har studerats där denna studies luftflöde kan vara otillräcklig.

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

Referenser

1177 (2024). *Hjärtmuskelinflammation*.

<https://www.1177.se/sjukdomar--besvar/hjarta-och-blodkarl/inflammation-och-infektion-i-hjartat/hjartmuskelinflammation/> (Hämtad 24 mars 2026)

Boverket (2024). *Ventilation*.

<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/ventilation/> (Hämtad 25 mars 2026)

Compendium of Physical Activities (2024). *Conditioning Exercise*.
<https://pacompendium.com/conditioning-exercise/> (Hämtad 25 mars 2026).

Herrmann, S.D., Willis, E.A., Ainsworth, B.E., Barreira, T.V., Hastert, M., Kracht, C.L., Schuna Jr., J.M., Cai, Z., Quan, M., Tudor-Locke, C., Whitt-Glover, M.C. & Jacobs Jr., D.R. (2024). *2024 Adult Compendium of Physical Activities: A third update of the energy costs of human activities*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10818145/> (Hämtad 9 maj 2026)

EMTF (2013). R1: Riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav. Stockholm: Energi- och miljötekniska föreningen.

Fanger O. (2013). Danvak. Hansen, Kjerulf-Jensen och Stampe: *Danvak grundbog. Varme- og klimattekniik*, 2. udgave, kapitel 1

Fantozzi, F. & Lamberti, G. (2019). *Determination of Thermal Comfort in Indoor Sport Facilities Located in Moderate Environments: An Overview*.
<https://www.mdpi.com/2073-4433/10/12/769> (Hämtad 25 maj 2026)

Fletcher, M. (2025). *Perception of Thermal Comfort During Exercise*.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/ina/5580860?msocid=09e6371070b167120b972271713e6658> (Hämtad 26 maj 2026)

Folkhälsomyndigheten (2014). *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation* (FoHMFS2014:18).
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/publikationer-och-material/publikationsarkiv/f/folkhalsomyndighetens-allmanna-rad-fohmfs-2014-18/> (Hämta 22 maj 2026)

Folkhälsomyndigheten (2024). *Vägledning om ventilation*.
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/regler-och-tillsyn/tillsynsvagledning-och-stod/halsoskydd-vagledning-och-tillsyn/vagledning-om-ventilation/> (Hämtad 10 mars 2026)

Folkhälsomyndigheten (2025). *Fysisk aktivitet och stillasittande i befolkningen*.
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/fysisk-aktivitet-och->

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar
stillasittande/fysisk-aktivitet-och-stillasittande-i-befolkningen/ (Hämtad: 14 januari 2026)

Kapalo, P., Vojtasko, L., Vasilisin, D., Domnița, F., Bacoțiu, C., Kandrak, R. & Batorova, M. (2021). *Investigation of the influence of the level of physical activity on the air exchange requirements for a gym.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132321005242> (Hämtad 23 april 2026)

Kronans apotek (2024). *Kan man träna med förkylning?* <https://www.kronansapotek.se/tipsochrad/kost-naring/trana-med-forkylning/> (Hämtad 24 mars 2026)

Nordquist, B (2025). *Bilaga till projektuppgift 1 inomhusklimatanalys*. Kurs i Energi, luft och fukt vid ombyggnad och förvaltning, VBFN05, LTH, Lunds Universitet.

Warfvinge, C., Dahlblom, M. (2010). *Projektering av VVS-installationer*. 1:15. uppl. Studentlitteratur.

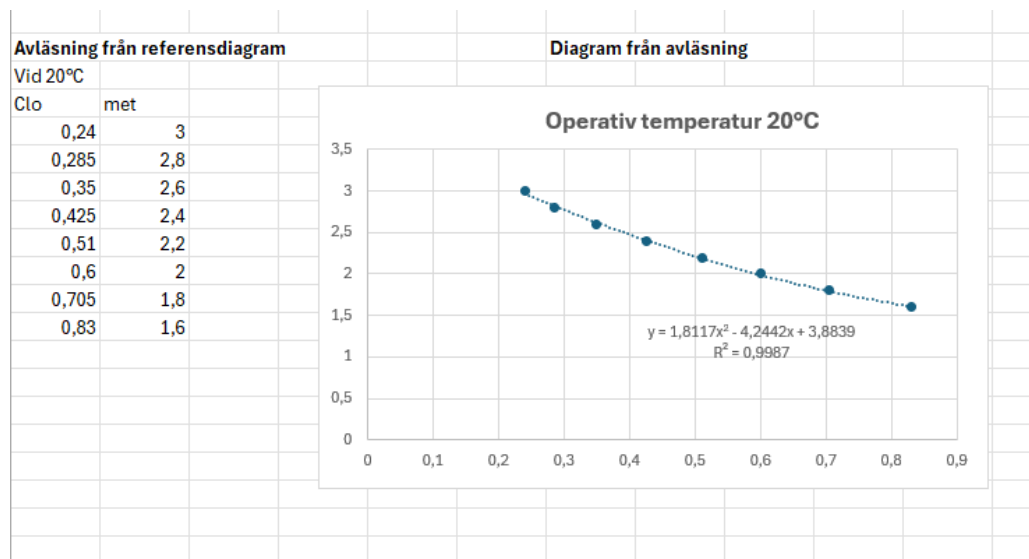
WHO (2024). *Physical activity*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity> (Hämtad: 14 januari 2026)

Zhang, Y., Li, X. & Wang, J. (2025). *Toward Health-Oriented Indoor Air Quality in Sports Facilities: A Narrative Review of Pollutant Dynamics, Smart Control Strategies, and Energy-Efficient Solutions*. <https://www.mdpi.com/2075-5309/15/17/3168> (Hämtad 25 maj 2026)

Östlund, M (2021). *Minimikrav på luftväxling*. 12 uppl. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Bilagor

Bilaga A

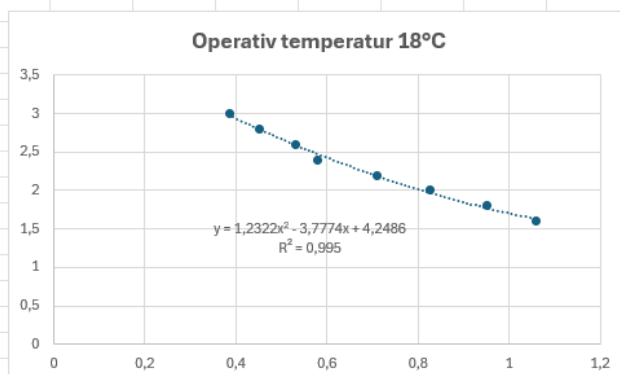


Bilaga B

Avläsning från referensdiagram

Vid 18°C	
Clo	met
0,385	3
0,45	2,8
0,53	2,6
0,58	2,4
0,71	2,2
0,825	2
0,95	1,8
1,06	1,6

Diagram från avläsning

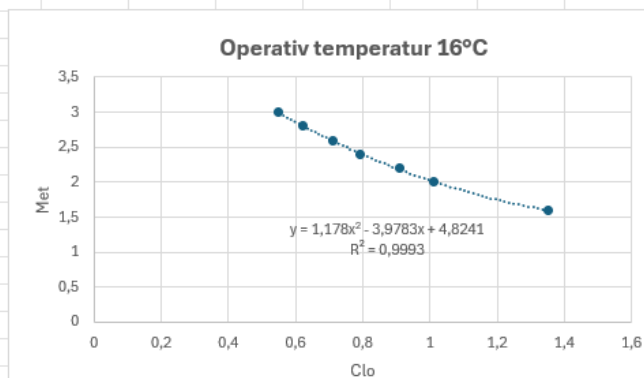


Bilaga C

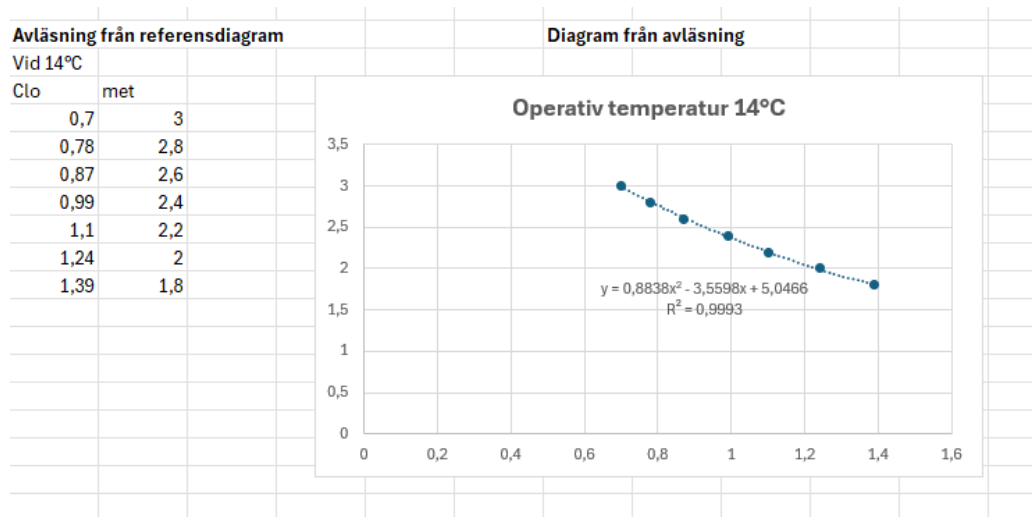
Avläsning från referensdiagram

Vid 16°C	
Clo	met
0,55	3
0,62	2,8
0,71	2,6
0,79	2,4
0,91	2,2
1,01	2
1,35	1,6

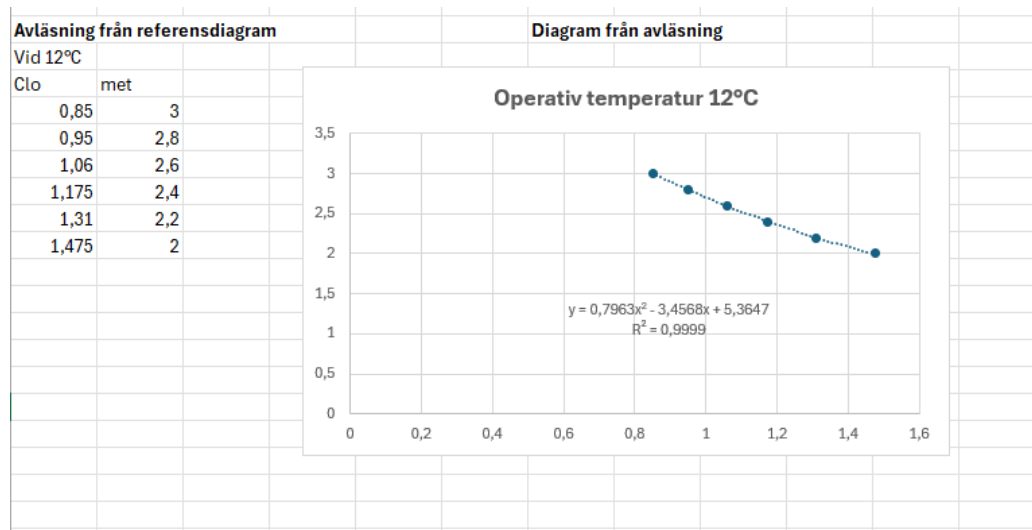
Diagram från avläsning



Bilaga D

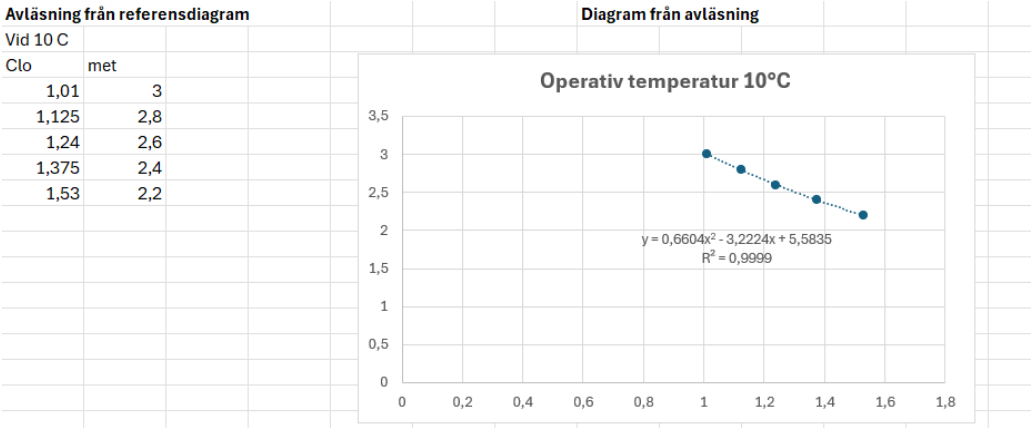


Bilaga E



Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

Bilaga F



Bilaga G

Polynom	20 C	Polynom	18 C	Polynom	16 C	Polynom	14 C	Polynom	12 C	Polynom	10 C
clo	met	clo	met	clo	met	clo	met	clo	met	clo	met
0,05	3,676219	0,05	4,062811	0,05	4,62813	0,05	4,87082	0,05	5,193851	0,05	5,484548
0,1	3,477597	0,1	3,883182	0,1	4,43805	0,1	4,699458	0,1	5,026983	0,1	5,32304
0,15	3,288033	0,15	3,709715	0,15	4,25386	0,15	4,532516	0,15	4,864097	0,15	5,165078
0,2	3,107528	0,2	3,542408	0,2	4,07556	0,2	4,369992	0,2	4,705192	0,2	5,01066
0,25	2,936081	0,25	3,381263	0,25	3,90315	0,25	4,211888	0,25	4,550269	0,25	4,859788
0,3	2,773693	0,3	3,226278	0,3	3,73663	0,3	4,058202	0,3	4,399327	0,3	4,71246
0,35	2,620363	0,35	3,077455	0,35	3,576	0,35	3,908936	0,35	4,252367	0,35	4,568678
0,4	2,476092	0,4	2,934792	0,4	3,42126	0,4	3,764088	0,4	4,109388	0,4	4,42844
0,45	2,340879	0,45	2,798291	0,45	3,27241	0,45	3,62366	0,45	3,970391	0,45	4,291748
0,5	2,214725	0,5	2,66795	0,5	3,12945	0,5	3,48765	0,5	3,835375	0,5	4,1586
0,55	2,097629	0,55	2,543771	0,55	2,99238	0,55	3,35606	0,55	3,704341	0,55	4,028998
0,6	1,989592	0,6	2,425752	0,6	2,8612	0,6	3,228888	0,6	3,577288	0,6	3,90294
0,65	1,890613	0,65	2,313895	0,65	2,73591	0,65	3,106136	0,65	3,454217	0,65	3,780428
0,7	1,800693	0,7	2,208198	0,7	2,61651	0,7	2,987802	0,7	3,335127	0,7	3,66146
0,75	1,719831	0,75	2,108663	0,75	2,503	0,75	2,873888	0,75	3,220019	0,75	3,546038
0,8	1,648028	0,8	2,015288	0,8	2,39538	0,8	2,764392	0,8	3,108892	0,8	3,43416
0,85	1,585283	0,85	1,928075	0,85	2,29365	0,85	2,659316	0,85	3,001747	0,85	3,325828
0,9	1,531597	0,9	1,847022	0,9	2,19781	0,9	2,558658	0,9	2,898583	0,9	3,22104
0,95	1,486969	0,95	1,772131	0,95	2,10786	0,95	2,46242	0,95	2,799401	0,95	3,119798
1	1,4514	1	1,7034	1	2,0238	1	2,3706	1	2,7042	1	3,0221

Bilaga H

Aktivitet	Met	Aktivitet	Met	Aktivitet	Met	Aktivitet	Met	Aktivitet	Met	Aktivitet	Met
Kroppsvikts øvingar, målting intensitet	3,8	Kroppsvikts øvingar (t.ex. krabbel, luffar, armhøvingar, crunches), generell	3	Styrtøvingar med ferd øvingar, 8-15 repetitioner vid varierende belastning	3,5	Yoga, generell	2,3	Pilates, generell	2,8	Aerobisk dans, målting intensitet	4,8
	0,91694 U/min		0,7239 U/min		0,84455 U/min		0,55499 U/min		0,67564 U/min		1,15624 U/min
P	55,0164 U/h	P	43,434 U/h	P	50,673 U/h	P	33,2994 U/h	P	40,5384 U/h	P	69,4944 U/h
		q	Luffflødet (l/s)								
		η	(pers)								
		P	CO2avgivning(U/h)								
		CO2inne	1000 (ppm)								
		CO2ute	400 (ppm)								

Bilaga I

[illegible]

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

Bilaga J

Bilaga J redovisar den fullständiga sammanställningen av MET-värden som ligger till grund för urvalet i tabell 2.1. Tabellen bygger på Compendium of Physical Activities (2024) och MET-värden markerade med (*) är uppskattade värden.

MET värde	Aktivitet (engelska)	Aktivitet (svenska)
7.3	Aerobic, general	Aerobisk träning, generell
5.5	Aerobic, step, with 4-inch step	Aerobisk träning med låg stepbräda
7.3	Aerobic, step, with 6-8 inch step	Aerobisk träning med medelhög stepbräda
9.0	Aerobic, step, with 10-12 inch step	Aerobisk träning med hög stepbräda
7.8	Bench step class, general	Stepklass, generell
4.8	Aerobic dance, low impact, moderate effort	Aerobisk dans, måttlig intensitet
8.0	Aerobic dance, high impact, vigorous effort	Aerobisk dans, hög intensitet
10.0	Aerobic dance wearing 10-15 lb weights	Aerobisk dans med 4,5–7 kg vikter
5.0	Army type obstacle course exercise, boot camp training program	Hinderbaneträning, Bootcamp-träning
7.5	Calisthenics (e.g., pushups, sit ups, pull-ups, jumping jacks, burpees, battling ropes), vigorous effort	Kroppsviktsövningar, hög intensitet
3.8	Calisthenics (e.g., pushups, sit ups, pull-ups, lunges), moderate effort	Kroppsviktsövningar, måttlig intensitet
2.8	Calisthenics (e.g., curl ups, abdominal crunches, plank), light effort	Kroppsviktsövningar, låg intensitet
3.5	Calisthenics, light or moderate effort, general (e.g., back exercises), going up & down from the floor (Taylor code 150)	Kroppsviktsövningar, låg eller måttlig intensitet, generell
6.0	Circuit training, body weight exercises	Cirkelträning med kroppsvikt
3.5	Circuit training, light effort	Cirkelträning, låg intensitet
5.0	Circuit training, moderate effort	Cirkelträning, måttlig intensitet
7.5	Circuit training, including kettlebells, some aerobic movement with minimal rest, general, vigorous intensity	Cirkelträning med kettlebells, hög intensitet

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

3.5	Curves™ exercise routines in women	Curves™ träningspass för kvinnor
5.0	Elliptical trainer, moderate effort	Crosstrainer, måttlig intensitet
9.0	Elliptical trainer, vigorous effort	Crosstrainer, hög intensitet
6.0	Resistance (weight lifting – free weight, nautilus or universal-type), power lifting or body building, vigorous effort (Taylor Code 210)	Styrketräning (fria vikter, maskiner, styrkelyft eller bodybuilding), hög intensitet
5.0	Resistance (weight) training, squats, deadlift, slow or explosive effort	Styrketräning med knäböj och marklyft, långsam eller explosiv intensitet
3.5	Resistance (weight) training, multiple exercises, 8-15 reps at varied resistance	Styrketräning med flera övningar, 8–15 repetitioner vid varierande belastning
5.8	Resistance Training, circuit, reciprocal supersets, peripheral heart action training	Cirkelbaserad styrketräning med superset
3.0	Body weight resistance exercises (e.g., squat, lunge, push-up, crunch), general	Kroppsviktsövningar (t.ex. knäböj, utfall, armhävningar, crunches), generell
6.5	Body weight resistance exercises (e.g., squat, lunge, push-up, crunch), high intensity	Kroppsviktsövningar (t.ex. knäböj, utfall, armhävningar, crunches), hög intensitet
9.8	Kettlebell swings	Kettlebell-svingar
5.5	Health club exercise, general (Taylor Code 160)	Gymträning, generell
5.0	Health club exercise classes, general, gym/weight training combined in one visit	Gruppträning och styrketräning under samma träningspass
7.8	Health club exercise, conditioning classes	Konditionspass på gym
3.8	Home exercise, general	Hemmaträning, generell
9.3	Stair treadmill ergometer, general	Trappmaskin, generell
11.0	Rope skipping exercise, general	Hopprep, generell
9.0	Jumping rope, Digi-Jump Machine, 120 jumps/minute	Hopprep med Digi-Jump-maskin, 120 hopp/min
7.3	Rowing, stationary ergometer, general, vigorous effort	Roddmaskin, hög intensitet
5.0	Rowing, stationary ergometer, general, <100 watts, moderate effort	Roddmaskin, under 100 watt, måttlig intensitet

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för träningsanläggningar

7.5	Rowing, stationary, 100 to 149 watts, vigorous effort	Roddmaskin, 100–149 watt, hög intensitet
11.0	Rowing, stationary, 150 to 199 watts, vigorous effort	Roddmaskin, 150–199 watt, hög intensitet
14.0	Rowing, stationary, ≥ 200 watts, very vigorous effort	Roddmaskin, ≥ 200 watt, mycket hög intensitet
11.0	Shuttle running, forward/backward/lateral	Intervallöppning framåt/bakåt/sidledes
6.8	Ski machine, general	Skidmaskin, generell
10.5	Ski ergometer, cross country, double poling, slow to moderate speed	Stakmaskin, stakning i låg till måttlig hastighet
18.0	Ski ergometer, cross country, double poling, fast to maximum speed	Stakmaskin, stakning i hög till maximal hastighet
10.5	Slide board exercise, general	Slideboard-träning, generell
6.0*	Slimnastics, jazzercise	Dansbaserad gruppträning
2.3	Stretching, mild	Stretching, mild
1.8	Pilates, traditional, mat	Pilates på matta
2.8	Pilates, general	Pilates, generell
8.5	Pound, combination of Pilates and body movements with drumming	Pound-träning (Pilates och kroppsrörelser med trummor)
4.5	Pole dancing, exercise class	Pole dance-träning
6.8	Teaching exercise classes (e.g., aerobic, water)	Ledning av träningspass (t.ex. aerobisk träning eller vattengympa)
2.8	Therapeutic exercise ball, Fitball exercise	Rehabiliteringsträning med pilatesboll
9.5	Therapeutic exercise ball, Fitball exercise, high intensity	Rehabiliteringsträning med pilatesboll, hög intensitet
2.8	Upper body exercise, arm ergometer, general, light	Överkroppsträning med armcykel, generell, låg intensitet
2.0	Arm Ergometer, hand bike, 15W	Armcykel, 15 W
2.8	Arm Ergometer, hand bike, 25-30W	Armcykel, 25–30 W
3.5	Arm Ergometer, hand bike, 45W	Armcykel, 45 W
4.3	Upper body exercise, stationary bicycle – Airdyne (arms only) 40 rpm, moderate intensity	Överkroppsträning med Airdyne-cykel (endast armar), 40 rpm, måttlig intensitet
5.3	Water aerobics, water calisthenics, water exercise	Aerobisk vattenträning, kroppsviktsövningar i vatten och vattenträning

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för
träningsanläggningar

1.3*	Whirlpool, sitting	Sitta i bubbelpool
2.5	Video, exercise workouts, TV conditioning programs (e.g., yoga, stretching, seated), light effort	Träningsvideo / TV-träningsprogram (t.ex. yoga, stretching, sittande träning), låg intensitet
4.0*	Video, exercise workouts, TV conditioning programs (e.g., cardio-resistance training), moderate	Träningsvideo / TV-träningsprogram (t.ex. konditions- eller styrketräning), måttlig intensitet
6.0	Video, exercise workouts, TV conditioning programs (e.g., cardio-resistance training), vigorous	Träningsvideo / TV-träningsprogram (t.ex. konditions- eller styrketräning), hög intensitet
2.3	Yoga, Hatha	Yoga, Hatha
8.0	Yoga, Hatha, high intensity	Yoga, Hatha, hög intensitet
3.0	Yoga, Hot	Yoga, Hot
4.0*	Yoga, Power	Yoga, Power
2.0	Yoga, Nadisodhana	Yoga, Nadisodhana
2.3	Yoga, General	Yoga, generell
3.5	Yoga, Surya Namaskar	Yoga, Surya Namaskar
2.7	Vinyasa	Vinyasa
5.3	Native New Zealander PA, (e.g., Haka Powhiri, Poi, Moteatea, etc.), general moderate effort	Traditionell nyzeeländsk aktivitet (t.ex. Haka, Powhiri, Poi, Moteteatea), måttlig intensitet
6.8	Native New Zealander PA, general, vigorous effort	Traditionell nyzeeländsk aktivitet, hög intensitet
7.0	High intensity interval exercise, moderate effort	Högintensiv intervallträning, måttlig intensitet
11.0	High intensity interval exercise, burpees, mountain climbers, squat jumps, Tabata, vigorous effort	Högintensiv intervallträning med burpees, mountain climbers, squat jumps och Tabata, hög intensitet
2.3	Balance Exercise Assist Robot (BEAR), simulated skiing, tennis, rodeo	Balansövningar med BEAR-robot (simulerad skidåkning, tennis och rodeo)
5.8	Hoopring (formerly known as hula® hooping)	Rockringsträning
9.0	Impulse Training System, Inertial Exercise Trainer	Träning med inertialträningssystem

Dimensioneringskriterier för termiskt och hygieniskt inomhusklimat för
träningsanläggningar

7.9	Virtual Reality Fitness, Supernatural™ "Flow", "Boxing" vigorous intensity	Virtuell verklighet träning, Supernatural™ "Flow" och "Boxing", hög intensitet
9.3	ExerCube, workout series	ExerCube träningspass
13.0	Blackbox Immersive virtual reality exergaming system, vigorous intensity	Blackbox virtuellt träningssystem, hög intensitet
3.0	Wand exercise, Life-Build-Line	Träning med stav, Life-Build-Line
6.5	Zumba, group class	Zumba, gruppträning
5.5	Zumba, home video	Zumba, träningsvideo hemma
2.8	Sit to stand exercise, 6-12 times/min	Sitta-stå övningar, 6–12 gånger/min
4.0	Sit to stand exercise, 18-24 times/min	Sitta-stå övningar, 18–24 gånger/min