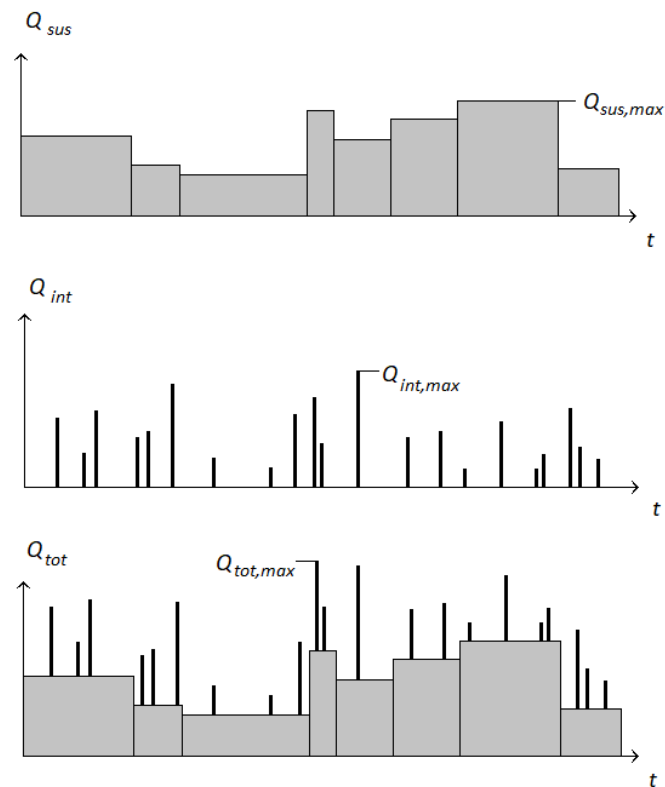


Analys av nyttig last vid dimensionering av kontorshus



Erica Sandberg och Evelina Bengtsson

Avdelningen för Konstruktionsteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet, 2020

Avdelningen för Konstruktionsteknik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 LUND

Department of Structural Engineering
Lund Institute of Technology
Box 118
S-221 00 LUND
Sweden

Analys av nyttig last vid dimensionering av kontorshus

Analysis of Imposed Loads for Office Building Design

Erica Sandberg och Evelina Bengtsson

2020

Rapport TVBK-5276

ISSN 0349-4969

ISRN: LUTVDG/TVBK-20/5276+78p

Examensarbete

Handledare: Oskar Larsson Ivanov och Wilhelm Jakobsson

Maj 2020

Bilden på omslaget är reproducerad från Honfi (2014)

Abstract

Imposed load is a load used in the design of buildings, and includes the weight of people, vehicles and interior. The imposed load is usually divided into sustained load and intermittent load. The sustained load is the load a building is exposed to during normal circumstances. Minor changes of this load occur on a daily basis, but major changes of the load occur seldom and are often related to changes in the use of the building or change of owner. The intermittent load has a short duration and is caused by deviating events, such as stacking of furniture or gathering of people.

In offices, no major physical imposed load survey has been made after the turn of the 21th century. The load value used in the Swedish structural design standard EKS 11 is $2,5 \text{ kN/m}^2$, but on which grounds this value has been set is unclear. This value should represent the characteristic imposed load, which means that the return period is 50 years. To determine this value, a probability analysis must be performed. The probability analysis requires knowledge about the size of the mean imposed load in the Swedish offices. Furthermore, knowledge about the extreme values is required.

In this master thesis, a load survey of the mean sustained load was carried out at four offices in southern Sweden. The intermittent load was determined in a simplified investigation. After the load survey was performed, a probability model was made from which the characteristic load was specified. By varying the input data in the probability model, it was analyzed how the characteristic load was affected by different circumstances.

The results show that the imposed load in modern offices is lower than what has emerged in previous studies. In addition, the result indicates that the type of office has a certain influence on the size of the imposed load. The type of use and area of the room also affects the size of the imposed load. In this study, the personal load accounted for 11 % of the total sustained load. The remaining part of the sustained load originated from furnishing. When it comes to the intermittent load, there were a number of uncertainties, which meant that some assumptions had to be made. These uncertainties and assumptions caused a relatively large margin of errors for the intermittent load.

This master thesis indicates that the characteristic load used in the Swedish structural design standard is greater than necessary. The result obtained in this study is far from the value $2,5 \text{ kN/m}^2$. However, a larger-scale load study should be conducted to verify the result.

Keyword: *load survey, load study, imposed load, live load, sustained load, intermittent load, design standard, load model, Eurocode, EKS 11, office load*

Sammanfattning

Nyttig last är en last som används vid dimensionering av byggnader, och innefattar vikten från människor, fordon och inredning. Den nyttiga lasten brukar delas in i ihållande last samt periodisk last. Till den ihållande lasten ingår lasten som belastar byggnaden vid normalt användande. Mindre ändringar av denna last sker på daglig basis, men större ändringar av lasten sker undantagsvis och är ofta relaterade till förändring i användandet av byggnaden eller byte av ägare. Den periodiska lasten har kort varaktighetstid och orsakas av avvikande händelser, exempelvis stapling av möbler eller samlingar av folkmassor.

För nyttig last i kontorshus har ingen stor fysisk lastundersökning genomförts efter sekelskiftet. Lastvärdet som används enligt Sveriges dimensioneringsnormer EKS 11 är $2,5 \text{ kN/m}^2$, men exakt vad detta värde baseras på är osäkert. Detta värde ska representera den karakteristiska nyttiga lasten, vilket innebär att den ska ha en återkomsttid på 50 år. För att få fram detta värde måste en probabilistisk analys utföras. En probabilistisk analys kräver kunskap kring storleken på den nyttiga lastens medelvärde på Sveriges kontor. Utöver detta krävs kunskap kring extremvärdena.

I detta examensarbete har en lastundersökning av medelvärdet på den ihållande nyttiga lasten genomförts på fyra kontor i södra Sverige. Genom en förenklad undersökning togs även den periodiska nyttiga lasten fram. När laststudien var genomförd skapades en sannolikhetsmodell där den karakteristiska nyttiga lasten togs fram. Genom att variera indatan till sannolikhetsmodellen undersöktes hur den karakteristiska nyttiga lastens storlek påverkades av olika faktorer.

Resultatet visar att den nyttiga lasten i dagens kontor är lägre än vad som framkommit i tidigare studier. Resultatet tyder också på att kontorstypen har en viss påverkan på den ihållande lastens storlek, precis som det undersökta rummets användning och area. I undersökningen motsvarade personlasten 11 % av den totala ihållande lasten och resterande andel hade sitt ursprung från möbler och inredning. När det kommer till den periodiska lasten finns ett antal osäkerheter, vilket innebär att vissa antaganden fick göras. Dessa osäkerheter och antaganden gav upphov till förhållandevis stora felmarginaler när det gäller den periodiska lasten.

Denna rapport indikerar att den karakteristiska last som används i Sveriges dimensioneringsnormer är större än nödvändigt. Resultatet som har framkommit i denna studie är inte i närheten av $2,5 \text{ kN/m}^2$. Detta resultat bör dock verifieras genom vidare studier.

Nyckelord: lastundersökning, laststudie, nyttig last, ihållande last, periodisk last, dimensioneringsnorm, lastmodell, Eurokod, EKS 11, kontorslast.

Förord

Detta examensarbete fullbordar fem års civilingenjörstudier inom väg- och vattenbyggnad vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet är utfört vid avdelningen för konstruktionsteknik i samarbete med Sweco Structures i Malmö. Idén till examensarbetet är framtagen av docent Oskar Larsson Ivanov och arbetet skrevs under tidsperioden januari 2020 till och med maj 2020.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Oskar Larsson Ivanov för allt stöd och vägledning under examensarbetet. Vi vill också tacka vår handledare Wilhelm Jakobsson på Sweco som har kommit med värdefulla konstruktionstekniska råd och kommentarer. Slutligen vill vi uttrycka vår tacksamhet till Sweco, Tyréns, FOJAB och Avensia som lät oss undersöka deras kontorslokaler och därmed gjorde detta examensarbete möjligt att genomföra.

Lund, maj 2020

Erica Sandberg och Evelina Bengtsson

Innehåll

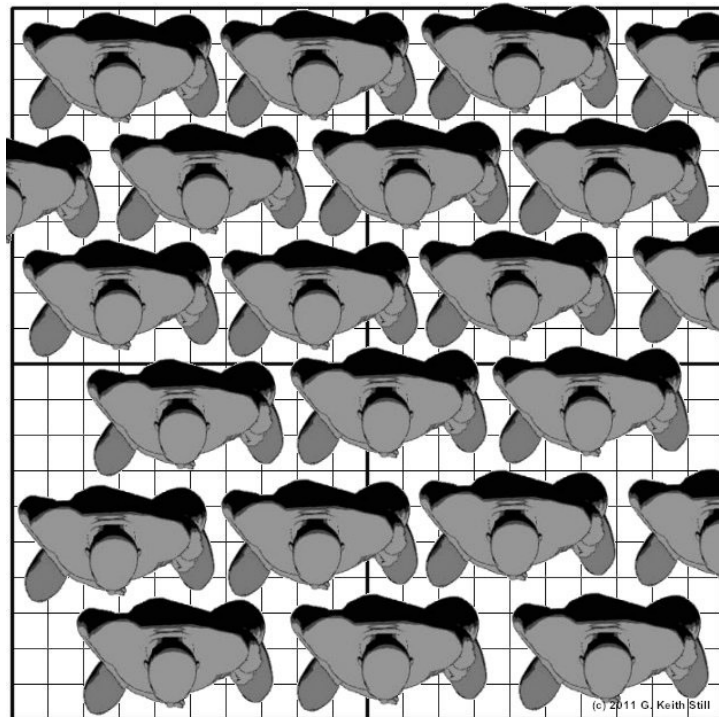
1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och mål	2
1.3	Metod	2
1.4	Avgränsningar	3
1.5	Disposition	3
2	Teori	5
2.1	Historisk beskrivning av uppbyggnad av kontor	5
2.2	Uppbyggnad av Eurokod & definition av nyttig last	7
2.3	Sannolikhetsteori	9
2.4	Lastmodell	15
2.4.1	Ihållande last	17
2.4.2	Periodisk last	18
2.4.3	Lastmodellens variation i tiden	18
2.5	Tidigare studier kring nyttiga laster	19
2.5.1	Undersökning av Lars Sentler	19
2.5.2	Undersökning av James Bryson och Daniel Gross	20
2.5.3	Undersökning av Charles Culver	21
2.5.4	Undersökning av Kwesi Andam	23
2.5.5	Undersökning av Sunil Kumar	24
2.5.6	Undersökning av Sonia Ruiz och Alberto Soriano	24
2.5.7	Sammanfattning av tidigare undersökningar	25
2.5.8	Undersökning av Ross Corotis and Viresh Doshi	26
2.5.9	Undersökning av CIB	26
2.5.10	Undersökning av Daniel Honfi	27
3	Metod	29
3.1	Specifisering av undersökning	30
3.2	Undersökta kontor	31
3.3	Matematisk beskrivning	32
4	Resultat och analys	35
4.1	Resultat av undersökning på kontor	35
4.2	Resultat av probabilistiska simuleringar	39
5	Diskussion	49
5.1	Diskussion kring lastundersökning	49
5.2	Diskussion kring probabilistiska simuleringar	52

6 Slutsatser	55
7 Fortsatta studier	57
8 Referenser	59
Bilaga A Typfall	63
Bilaga B Formulär rum	65
Bilaga C Formulär plan	67

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Alla konstruktioner utsätts för ett antal olika laster. Typen av laster beror på konstruktionens placering och användningsområde. I Europa bestäms storleken på dessa laster av regelverket Eurokod, ibland med tillägget att de får fastställas i en nationell bilaga. När det gäller byggnader är en viktig last den som kommer från människor och inredning, den så kallade nyttiga lasten. Storleken på den nyttiga lasten varierar beroende på vilket användningsområde byggnaden har. För kontor anger Eurokod (SS-EN 1991-1-1, 2002) ett lastintervall på $2 - 3 \text{ kN/m}^2$ och i den svenska bilagan fastställs värdet $2,5 \text{ kN/m}^2$ (Boverket, 2019). $2,5 \text{ kN/m}^2$ motsvarar cirka 3,4 personer per kvadratmeter, där varje person väger 76 kg. Vid dimensionering multipliceras den nyttiga lasten på $2,5 \text{ kN/m}^2$ med en säkerhetsfaktor 1,5, vilket ger en last på $3,75 \text{ kN/m}^2$ (SS-EN 1990, 2002). Med denna last skulle fem personer som vardera väger 76 kg kunna stå på en kvadratmeter, och konstruktionen hade ändå inte rasat samman. I ett 14 m^2 stort kontorsrum motsvarar detta 70 personer. Hur tätt personerna hade stått i detta rum åskådliggörs i figur 1.



Figur 1: Visualisering av hur tätt människor står när 5 personer vistas per kvadratmeter (Still, 2019)

När det gäller storleken på den nyttiga lasten är det mycket som är oklart kring historiken bakom Eurokods värden, och numera har de använts så länge att de kan sägas ha blivit en tradition. Med största sannolikhet har värdena sitt ursprung i ett antal laststudier som genomfördes före sekelskiftet. Lastundersökningarnas omfattning och noggrannhet har varierat. I vissa studier har exakta vikter tagits fram genom vägning, och i andra

har istället produktblad använts. Gemensamt för lastundersökningarna är att de är gamla, sedan sekelskiftet har endast ett fåtal källor berört ämnet. Detta trots att Charles G. Culver redan år 1976 belyste vikten av att med jämna mellanrum genomföra nya laststudier av den nyttiga lasten. I Culvers lastundersökning står det skrivet "Since construction practices evolve over the years and the nature of building contents change, there is a continuing need to update load survey data to reflect current conditions" (Culver, 1976, s.1). Av både ekonomiska, miljömässiga och säkerhetsmässiga skäl bör det anses vara av stor betydelse att lastens storlek representerar verkligheten. Är värdet som används för stort medför detta att byggnader överdimensioneras, vilket innebär att materialåtgången blir större än nödvändigt. Å andra sidan kan för låga lastvärden ge katastrofala följder i form av mänskliga dödsfall eller stora materiella skador.

1.2 Syfte och mål

Syftet med arbetet är att göra en analys av storleken på den utbredda nyttiga lasten för kontor, kategori B enligt Eurokod. Den framtagna nyttiga lasten jämförs sedan med motsvarande värden i Eurokod samt tidigare studier.

Arbetet går därmed ut på att undersöka om storleken på den nyttiga lasten som idag används i Sverige är lämplig eller om den med hänsyn till utformningen av dagens kontor kan minskas. Under arbetet besvaras följande frågeställningar löpande:

- Hur kan nyttig last mätas i kontor?
- Hur stor är den nyttiga lasten i befintliga kontorshus i Sverige?
- Hur påverkar storleken och användningen av rummet storleken på den nyttiga lasten? Vilken typ av rum ger störst respektive lägst last?
- Hur förhåller sig storleken på den nyttiga lasten i kontorshus i Sverige jämfört med Eurokods värden?

De fördjupade kunskaper gällande den nyttiga lasten i kontor som denna studie framhäver, förväntas tillsammans med kompletterande utredningar på sikt kunna utgöra en grund för en ändring av den nyttiga lastens storlek i dimensioneringsnormerna.

1.3 Metod

Inledningsvis genomförs en litteraturstudie där tidigare studier inom området summeras. Med utgångspunkt från dessa studier bestäms storleken på den nyttiga lasten på fyra olika kontor i södra Sverige. Kontoren är konsultbolaget Sweco i Malmö, E-handelsföretaget Avensia i Lund, arkitektkontoret FOJAB i Malmö samt konsultbolaget Tyréns i Malmö. När lastundersökningen är utförd görs ett antal simuleringar i MATLAB för att få fram storleken på lasten som används vid dimensionering. Utifrån dessa simuleringar argumenteras huruvida de värden som idag används för den nyttiga lasten i dimensioneringsnormerna är rimliga, eller om storleken bör modifieras.

1.4 Avgränsningar

Rapporten syftar till att bestämma den utbredda nyttiga lasten i kontor. Den nyttiga lasten i form av punktlast behandlas inte i arbetet. Av praktiska skäl undersöks endast kontor i Sverige, trots att Eurokod används som regelverk för dimensionering i ett antal länder. Två faktorer påverkan på den nyttiga lasten kontrolleras; rumsanvändning samt rumsarea. Resterande faktorer som kan tänkas påverka den nyttiga lasten, exempelvis rumshöjd och våningen kontoret är placerat på, studeras inte.

1.5 Disposition

Initialt i rapporten görs en litteraturstudie. Litteraturstudien redovisas i kapitel 2 och innehåller en historisk beskrivning av kontor och deras uppbyggnad, Eurokods definition av nyttig last samt sannolikhetsteori som är relevant för rapporten. Dessutom beskrivs i detta kapitel hur den nyttiga lasten kan skildras i en lastmodell, och tidigare laststudier kring ämnet sammanfattas. I kapitel 3 görs en specificering kring hur undersökningen av den nyttiga lasten ska genomföras. I detta kapitel redovisas även vilka kontor som ska undersökas, samt vilken typ av matematisk beskrivning som används för simuleringarna i MATLAB.

Kapitel 4 redovisar resultatet från lastundersökningarna av den nyttiga lasten. I detta kapitel används dessutom den matematiska modellen för att få fram värden som representerar den nyttiga lasten för kontorshus i Sverige. En diskussion samt slutsatser återfinns i kapitel 5 respektive 6. I kapitel 7 finns förslag på fortsatta studier. Slutligen presenteras referenser samt bilagor.

2 Teori

2.1 Historisk beskrivning av uppbyggnad av kontor

Enligt Danielsson (2005) kan kontorets historia i Sverige sägas ha startat på 1800-talet då de administrativa delarna av företagen lokaliserades i närheten av de stora industrierna, som placerades centralt i städerna. Danielsson skriver emellertid att rena kontorsbyggnader blev vanliga först på slutet av 1800-talet. Dessa hade för det mesta en öppen planlösning. De stora kontorsrummen på denna tid kallades enligt Toivanen (2015) för trälhav och hade bord i långa rader. I dessa fanns det med jämna mellanrum kontrollstationer med höga stolar där överordnade kunde ha koll på de anställda. När stålramskonstruktioner började användas i slutet på 1800-talet kunde allt högre hus byggas eftersom pelare och bjälklag var bärande, och inte väggar som hade varit fallet tidigare (Danielsson, 2005). Utformningen av kontoren blev nu mer flexibel, och dessutom kunde de utnyttjas mer effektivt eftersom stålramskonstruktionen tillät större fönster vilket gav ett större ljusinsläpp.

Under och efter första världskriget etablerades en kontorsmiljö där rutinbaserade arbetare skulle utföra sina arbetsuppgifter på stora, öppna kontorsytor under strikt övervakning (Danielsson, 2005). Mer kvalificerade kontorsarbetare skulle däremot ha egna rum. På 1930-talet började allt fler negativa åsikter uppkomma kring de öppna kontoren, både från arbetare och från arkitekter. Efter andra världskriget hade tankarna kring moderna kontor förändrats, och kontorsarbete var nu synonymt med att arbeta i mindre rum, så kallade cellkontor (Danielsson, 2005; Christiansson & Eiserman, 1998). Moderna kontor skulle dessutom finnas i höga byggnader, och både ljuset och ventilationen skulle ge goda arbetsförhållanden (Danielsson, 2005). Introduktionen av lysröret i Sverige på 1940-talet gjorde kontoren mindre beroende av dagsljus.

På 60-talet kom kontorslandskap åter på tal, men till skillnad från de tidigare kontorslandskapen skulle även personal med högre befogenheter sitta i landskapet (Danielsson, 2005). Tanken var att verksamheten skulle bli mer effektiv och öka kommunikationen mellan medarbetarna. En annan fördel med det öppna kontorslandskapet var att det krävde en lägre lokalkostnad, då ytan per medarbetare blev mindre. Kontorslandskapen blev nu åter populära i Sverige. Enligt Christiansson & Eiserman (1998) kom idéerna kring kontorslandskap främst från Västtyskland, och där ansågs ljud, ljus, layout och luft vara viktiga komponenter för att skapa ett lyckat kontorslandskap. Detta uppnåddes inte i Sverige, då avsaknad av högkvalitativa akustiktak skapade dåligt ljud och platt överljus i överflöd gav upphov till dålig belysning och ett stort kylbehov. Dessutom var de svenska standardmöblerna inte optimala att placera i kontorslandskap. I mitten och på slutet av 1970-talet hade dock idén kring kontorslandskap försvenskats vilket innebar bättre möbler, belysning samt interiörmässiga kvalitéer. Kontorslandskapens uppsving blev emellertid inte långvarigt, för snart publicerades ett antal vetenskapliga studier som visade att öppna planlösningar ledde till högre arbetsbelastning hos arbetarna (Danielsson, 2005). Kritiken mot kontorslandskapen växte i mitten av 70-talet, och cellkontor blev åter igen vanliga. På 70-talet byggdes många kontor och en stor anledning till detta var att många myndigheter förflyttades från Stockholm till andra delar av landet. (Bodin Danielsson, 2014). Kontoren

som byggdes under denna period är inte särskilt attraktiva ur företagssynpunkt i dagens samhälle. Energikrisen på 70-talet innebar att fasaderna fick små fönster och dessutom blev våningshöjden liten. Cellkontoren fanns i princip i två olika storlekar, då de byggdes av moduler med specifika mått. Flexibiliteten i dessa kontor är därför inte särskilt stor, eftersom varje modul är bred och dessutom har ett centriskt placerat fönster.

Mot slutet av 70-talet började en ny form av kontor utvecklas, det så kallade kombikontoret (Christiansson & Eiserman, 1998). Varje medarbetare hade ett eget rum, ett cellkontor, längs fasaderna, och i mitten av byggnaden fanns ett "allrum" för diverse aktiviteter. För att dagsljus skulle nå "allrummet" försågs cellkontoren med en glasvägg inåt. Enligt Danielsson (2005) var tanken med kombikontoret att lyfta fram fördelarna från både cellkontor och kontorslandskap, men att samtidigt undvika de negativa faktorerna. Under många år var kombikontoret idealet för en bra kontorsutformning. Trots detta var cellkontor den vanligaste kontorstypen i Sverige under 1980-talet, då integritet och arbetsmiljö ansågs viktigare än de ekonomiska fördelarna som erhöles med kombikontor.

På 1990-talet gjorde teknologins utveckling att en ny typ av kontor började växa fram, det så kallade flexkontoret (Danielsson, 2005). Enligt Bodin Danielsson (2014) var flexkontoret ett aktivitetsbaserat kontor, vilket innebar att gestaltningen av kontoret präglades av vilka aktiviteter som skulle utföras. Detta kontor utgick från att medarbetarna till viss del utförde arbetsuppgifter på andra ställen än på kontoret, vilket gjorde att kontoret kunde dimensioneras för 60-70 % av arbetskraften (Danielsson, 2005). Medarbetarna hade ingen fast plats på kontoret, och det privata arbetsmaterialet förvarades i skåp på kontoret (Christiansson & Eiserman, 1998). Enskilt arbete som krävde koncentration kunde ske i så kallade tysta rum. Kritiken mot flexkontoren växte mot slutet av 90-talet då många ansåg det omänskligt att inte ha egna arbetsplatser (Danielsson, 2005). I början på 2000-talet kom dock flexkontoren tillbaka, men nu med en medvetenhet om att organisationens arbetssätt måste passa in på kontorstypen för att kontoret ska fungera på ett bra sätt. Kontorssystemet har i många fall visats ge minskade omkostnader, bättre tillfredsställelse, ökad produktivitet samt ökad kommunikation (Zamani & Gum, 2019).

Sedan början på 2000-talet har en ny typ av kontor vuxit fram i Sverige, kontorshotell. I dessa hyr små företag lokaler, och delar nödvändiga arbetsfaciliteter med andra företag som har lokaler i samma byggnad (Danielsson 2005). Enligt Bodin Danielsson (2014) är byggentreprenörer som bygger dagens kontor noggranna med att utforma dessa så att stor flexibilitet erhålls. Fönstren placeras så att många olika väggplaceringar är möjliga. Kontorshuset får inte byggas för smala, men inte heller för breda då breda hus ger negativa konsekvenser ur trivsamtals- och dagsljussynpunkt. NCC har exempelvis ett gemensamt system som de använder vid utformning av kontorshus. Detta system innebär att de har samma våningshöjd samt pelaravstånd på samtliga kontor för att uppnå en så stor flexibilitet som möjligt i rumsindelningen. Beställaren kan göra avsteg från standarden, men detta innebär ett dyrare hus. Enligt Bodin Danielsson är hög yteffektivitet önskvärd på kommunikations- och gemensamtalsytor av fastighetsekonomiska skäl. Yteffektiviteten är dock även viktig för många företag när det gäller själva kontorsytorna. På 1980-talet var ytan per person 30 – 40 m^2 , och på 2010-talet var den 15 – 20 m^2 per person. I dagens kontor handlar flexibilitet i stor utsträckning om teknisk flexibilitet, hävdar

Bodin Danielsson. Teknisk flexibilitet innebär exempelvis att personal har möjlighet att arbeta på andra platser än på kontoret. Det ska också vara lätt att flytta personal inom kontoret, vilket betyder att kontorsarbetsplatserna ska ha samma utformning oavsett typ av arbetsuppgifter. För att förenkla detta bör medarbetarna ha nästan allt arbetsmaterial digitalt.

2.2 Uppbyggnad av Eurokod & definition av nyttig last

När en konstruktion dimensioneras måste en lastmodell användas som beskriver de verkliga lasterna på ett förenklat sätt. Lasterna på en konstruktion varierar i tid, rum och storlek, något som gör det utmanande att få lastmodellen att likna verkligheten. Bärverksdimensioneringen i Sverige regleras av Eurokod, vilket är Europastandarder som sammanställer ländernas regler och krav. I koden används ett antal olika typer av laster för att skapa en så bra lastmodell som möjligt.

I Eurokod (SS-EN 1990, 2002) används ett antal begrepp för att klassificera lastens variation i tiden. De mest väsentliga är permanent last, variabel last samt olyckslast. Den permanenta lasten varierar oftast inte med tiden, och gör den det ökar den linjärt tills den uppnår ett visst gränsvärde. Exempel på permanent last är egentyngd samt last orsakad av krympning. Variabel last är precis som namnet antyder, en last som varierar med tiden. I de variabla lasterna ingår bland annat nyttig last, vindlast samt snölast. En olyckslast är omfattande storleksmässigt, har kort varaktighet och kommer med största sannolikhet inte inträffa under den tänkta livslängden. Vid extremfall kan snö- samt vindlaster vara olyckslaster. Andra exempel på olyckslaster är påkörningslaster, explosionslaster samt seismiska laster.

Utöver klassificeringen med hänsyn till tidsvariation klassificeras lasterna även utifrån variation i rummet, deras ursprung samt om de är statiska eller dynamiska. När det gäller variation i rummet är väsentliga begrepp bunden och fri last. En bunden last har en given placering på bärverket, till skillnad från en fri last vars utbredning på bärverket kan variera.

Nyttig last är ett begrepp som används i Eurokod (SS-EN 1991-1-1, 2002) och innefattar laster som uppstår vid användandet av byggnaden. Nyttig last består av personlast, last från fordon samt last från flyttbara föremål och möbler. Däremot räknas inte fasta skiljeväggar, väggbeklädnad, hängande innertak, skyddsräcken eller fasta installationer som nyttig last. Den nyttiga lasten är en variabel fri last. Den räknas dessutom som en kvasi-statisk last, vilket innebär att en dynamisk analys endast behöver genomföras om bärverket är känsligt för svängningar.

Beträffande den nyttiga lasten finns en viktig skillnad mellan Eurokod och de äldre regelverken. I de svenska regelverken som gällde innan 2011 betraktades inte den nyttiga lasten som fri. Istället delades den upp i en bunden och en fri del där den fria delen placerades så att värsta lastfall uppnåddes (Boverket, 2010; Boverket, 1988; Statens planverk, 1980).

För byggnader delas den nyttiga lasten in i ett antal kategorier, A-E, beroende på typ av byggnad (SS-EN 1991-1-1, 2002). Om en byggnad har två eller flera användningsområden, används olika kategorier på de olika ytorna. Om byggnaden har två eller flera användningsområden på samma del av bjälklaget ska den mest ogynnsamma kategorin i Eurokod användas. För de olika kategorierna redovisas karakteristiska värden för både den jämnt utbredda lasten och för punktlasten, se figur 2. I figuren motsvarar de understrukna värdena de som rekommenderas i Eurokod.

Kategorier beroende på användningsområden	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategori A		
— Bjälklag	1,5 - <u>2,0</u>	<u>2,0</u> - 3,0
— Trappor	<u>2,0</u> - 4,0	<u>2,0</u> - 4,0
— Balkonger	<u>2,5</u> - 4,0	<u>2,0</u> - 3,0
Kategori B	2,0 - <u>3,0</u>	1,5 - <u>4,5</u>
Kategori C		
— C1	2,0 - <u>3,0</u>	3,0 - <u>4,0</u>
— C2	3,0 - <u>4,0</u>	2,5 - 7,0 (<u>4,0</u>)
— C3	3,0 - <u>5,0</u>	<u>4,0</u> - 7,0
— C4	4,5 - <u>5,0</u>	3,5 - <u>7,0</u>
— C5	<u>5,0</u> - 7,5	3,5 - <u>4,5</u>
Kategori D		
— D1	<u>4,0</u> - 5,0	3,5 - 7,0 (<u>4,0</u>)
— D2	4,0 - <u>5,0</u>	3,5 - <u>7,0</u>

Figur 2: Karakteristiska värden på den nyttiga lasten för de olika lastkategorierna. Till vänster: utbredd last. Till höger: punktlast (SS-EN 1991-1-1, 2002)

Enligt Boverket (2019) är den karakteristiska nyttiga lasten en last som har en återkomsttid på 50 år när referenstiden är ett år, vilket motsvarar 98-procentsfraktilen. Den karakteristiska lasten överskrids därmed i genomsnitt en gång under en 50-årsperiod. I Eurokod tillhör kontorslokaler kategori B och det karakteristiska värdet för den jämnt utbredda lasten ska i denna kategori sättas till 2,0 – 3,0 kN/m², där ett värde på 3,0 kN/m² rekommenderas (SS-EN 1991-1-1, 2002). Det exakta värdet får fastställas via en nationell bilaga, vilket för Sverige är Boverkets konstruktionsregler EKS 11. I denna anges värdet 2,5 kN/m² (Boverket, 2019). Innan EKS gällde BKR och i detta regelverk var den fria nyttiga lasten 1,0 kN/m² och den bundna nyttiga lasten 1,5 kN/m² (Boverket, 2010). I Eurokod finns ett antal fall då den nyttiga lasten får ökas eller reduceras. I de fall flyttbara skiljeväggar finns i byggnaden ska en viss last adderas till den jämnt utbredda lasten, beroende på skiljeväggarnas egentyngd. Den nyttiga lasten får till viss del reduceras om arean är stor. För kategorierna A-D får dessutom en reduktion göras vid dimensionering av pelare och väggar för flervåningshus (SS-EN 1991-1-1, 2002).

Det karakteristiska värdet på lasten kan kombineras med tre olika faktorer; ψ_0 , ψ_1 och ψ_2 för att få olika lastkombinationer. Enligt Boverket (2019) och SS-EN 1990 (2002) har ψ_0 värdet 0,7, ψ_1 värdet 0,5 och ψ_2 värdet 0,3. När ψ_0 multipliceras med det karakteristiska

värdet, Q_k , erhålls det så kallade kombinationsvärdet. Med det svenska karakteristiska värdet på $2,5 \text{ kN/m}^2$ blir detta värde $1,75 \text{ kN/m}^2$. Kombinationsvärdet tar hänsyn till att sannolikheten är mycket låg att flera extremvärden av ogynnsamma oberoende laster verkar på konstruktionen under samma tidpunkt och används för verifiering i brottgränstillståndet samt det irreversibla bruksgränstillståndet (Gulvanessian, Formichi, & Calgaro, 2009). $\psi_1 Q_k$ kallas för det frekventa värdet och används för verifiering i reversibla bruksgränstillstånd samt i brottgränstillstånd när olyckslaster är närvarande. När Q_k är $2,5 \text{ kN/m}^2$ blir det frekventa värdet $1,25 \text{ kN/m}^2$. För en given referensperiod överskrids detta värde 1 % av tiden. $\psi_2 Q_k$ är det kvasipermanenta värdet och används precis som det frekventa värdet vid verifiering i reversibla bruksgränstillstånd samt i brottgränstillstånd när olyckslaster är närvarande. Utöver detta används det kvasipermanenta värdet när långtidseffekter ska beräknas. $\psi_2 Q_k$ får storleken $0,75 \text{ kN/m}^2$ när Q_k är $2,5 \text{ kN/m}^2$. För en given referensperiod överskrids det kvasipermanenta lastvärdet 50 % av tiden. Ett alternativ är att uttrycka den kvasipermanenta lasten som medelvärdet under den valda tidsperioden (SS-EN 1990, 2002).

2.3 Sannolikhetsteori

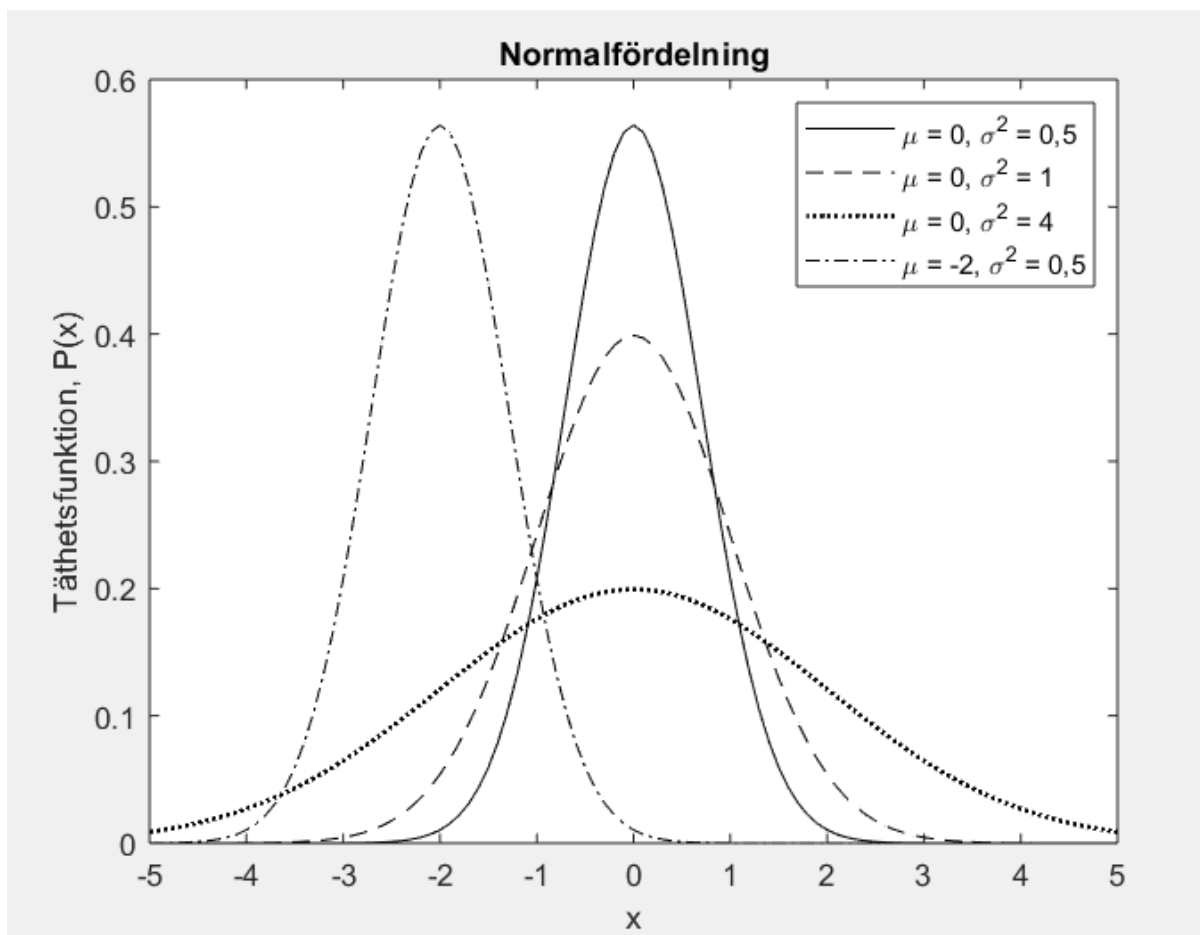
När extremvärden ska tas fram, så som det karakteristiska lastvärdet, måste en probabilistisk analys utföras. Detta beror på att det vanligtvis finns en begränsad mängd information nära extremvärdena. Med hjälp av ett antal observerade mätdata kan ett medelvärde samt en standardavvikelse tas fram. Genom att applicera dessa parametrar på en känd fördelning kan extremvärdena erhållas. Vilken fördelning som bör användas varierar från fall till fall.

Standardavvikelse, σ , är ett statistiskt mått på hur mycket ett antal observationsvärden avviker från medelvärdet. För att beräkna mätdata standardavvikelse används ekvation 1 (Nowak & Collins, 2000). I ekvationen är n antalet observerade värden, x_i observationsvärdet för element i och \bar{x} är medelvärdet beräknat enligt ekvation 2. En annan vanlig beteckning för medelvärdet är μ . Utöver standardavvikelse och medelvärde är varians ett välanvänt begrepp inom sannolikhetsteorin. Variansen, V , är standardavvikelsen upphöjt till 2, och kan därför betecknas σ^2 .

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (1)$$

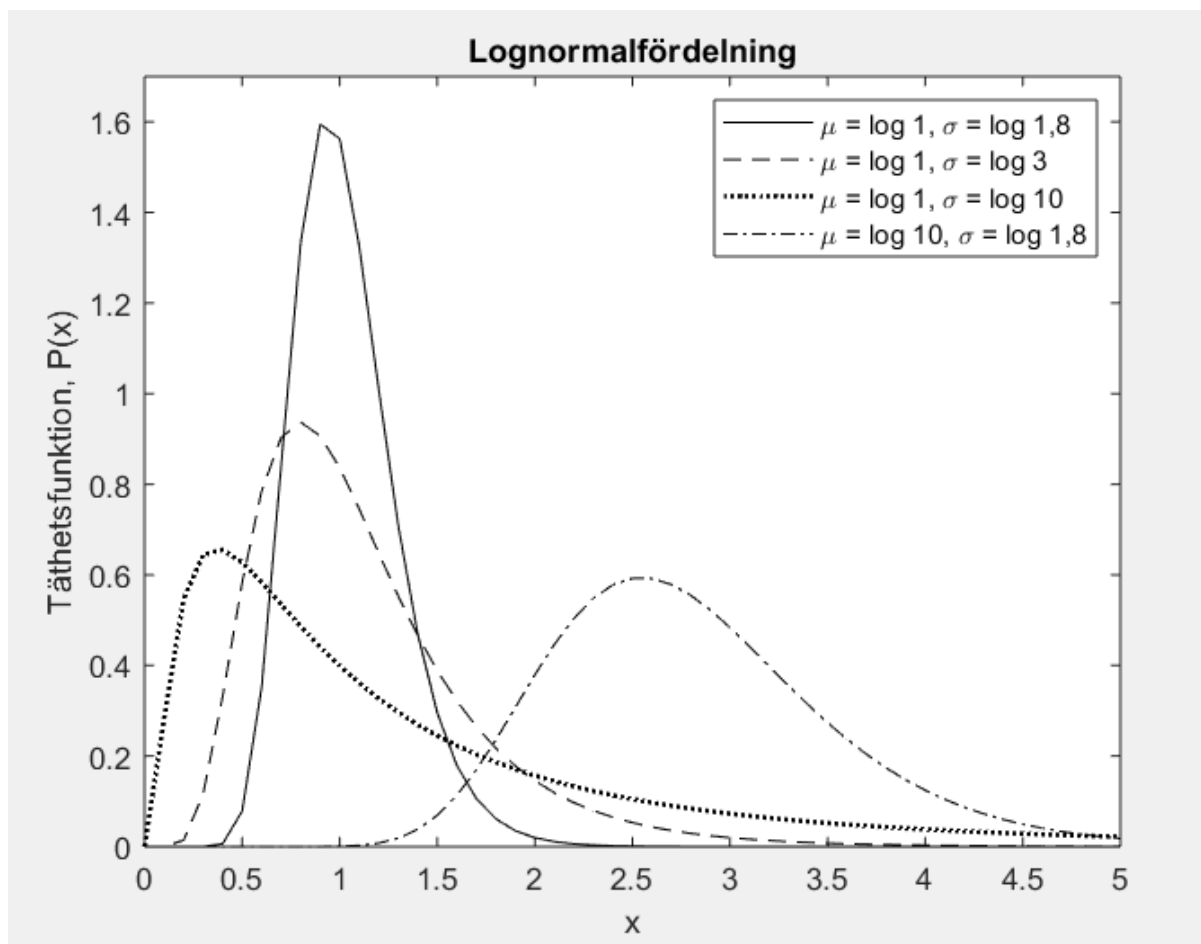
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

Av sannolighetsteorins fördelningar är normalfördelningen den mest kända. I denna fördelning är inparametrarna medelvärdet samt variansen och normalfördelningen brukar därför betecknas $N(\mu, \sigma^2)$. Täthetsfunktioner för ett antal normalfördelningar, vilka visar hur sannolikt det är att ett visst värde inträffar, kan ses i figur 3. Av sannolighetsteorins övriga kända fördelningar kommer lognormalfördelning, gammafördelning, poissonfördelning samt exponentialfördelning beskrivas kortfattat i detta avsnitt. Dessa fördelningar väljs då de är de mest relevanta för fallet nyttig last, vilket behandlas i nästkommande avsnitt, avsnitt 2.4 Lastmodell.



Figur 3: Täthetsfunktioner för normalfördelning

En lognormalfördelning är asymmetrisk kring medelvärdet (Forbes, Evans, Hastings & Peacock, 2010). Fördelningen är begränsad till positiva värden där majoriteten av värdena ligger nära noll och endast har ett fåtal extremvärden. Fördelning av rikedom, vikt på vuxna och drifttid för maskiner är exempel på företeelser som beskrivs på ett bra sätt med en lognormalfördelning. Inparametrarna som styr utseendet på fördelningen är medelvärdet och standardavvikelsen. I figur 4 illustreras ett antal olika lognormalfördelningars täthetsfunktioner.



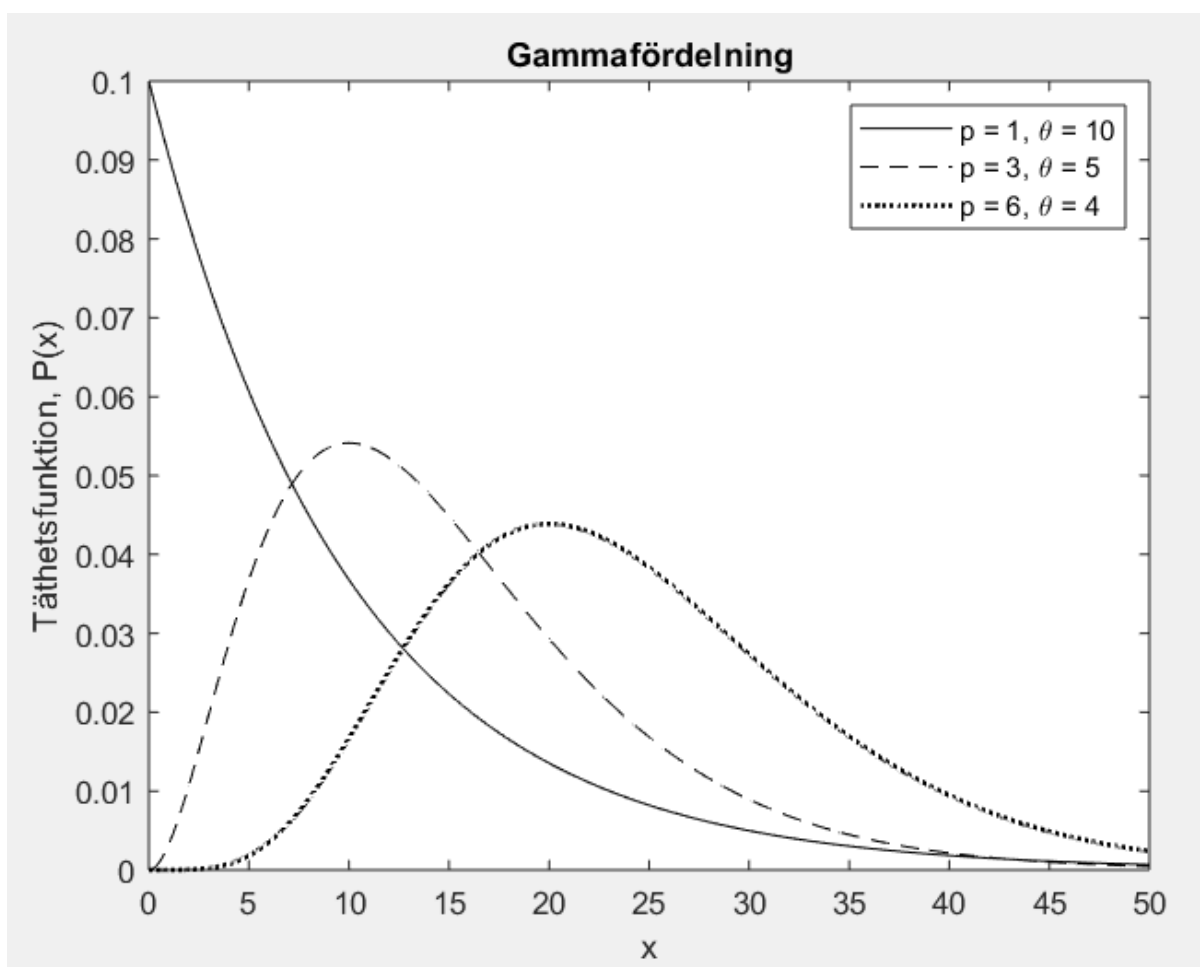
Figur 4: Täthetsfunktioner för lognormalfördelning

Enligt Gut (2005) är en gammafördelning en fördelning som bland annat används för att modellera väntetider och livslängder, och den brukar betecknas $\Gamma(p, \theta)$. Gammafördelningens täthetsfunktion kan ses i ekvation 3. I täthetsfunktionen används parametrarna θ respektive p och dessa beror på medelvärdet samt variansen, se ekvation 4. Täthetsfunktioner för ett antal gammafördelningar illustreras i figur 5.

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(p) \cdot \theta^p} x^{p-1} e^{-\frac{x}{\theta}} \quad (3)$$

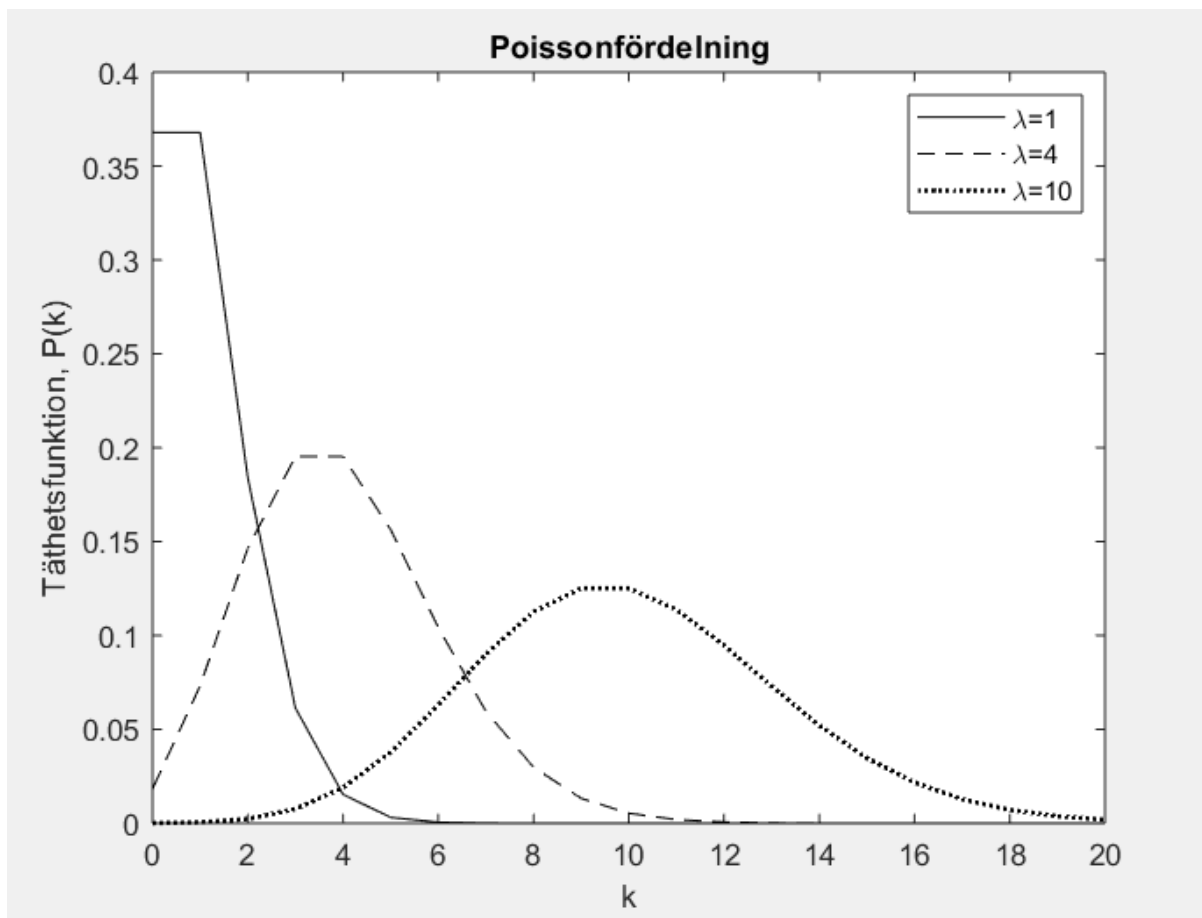
$$p = \frac{\mu^2}{\sigma^2} \quad (4)$$

$$\theta = \frac{\sigma^2}{\mu}$$



Figur 5: Täthetsfunktioner för gammafördelning

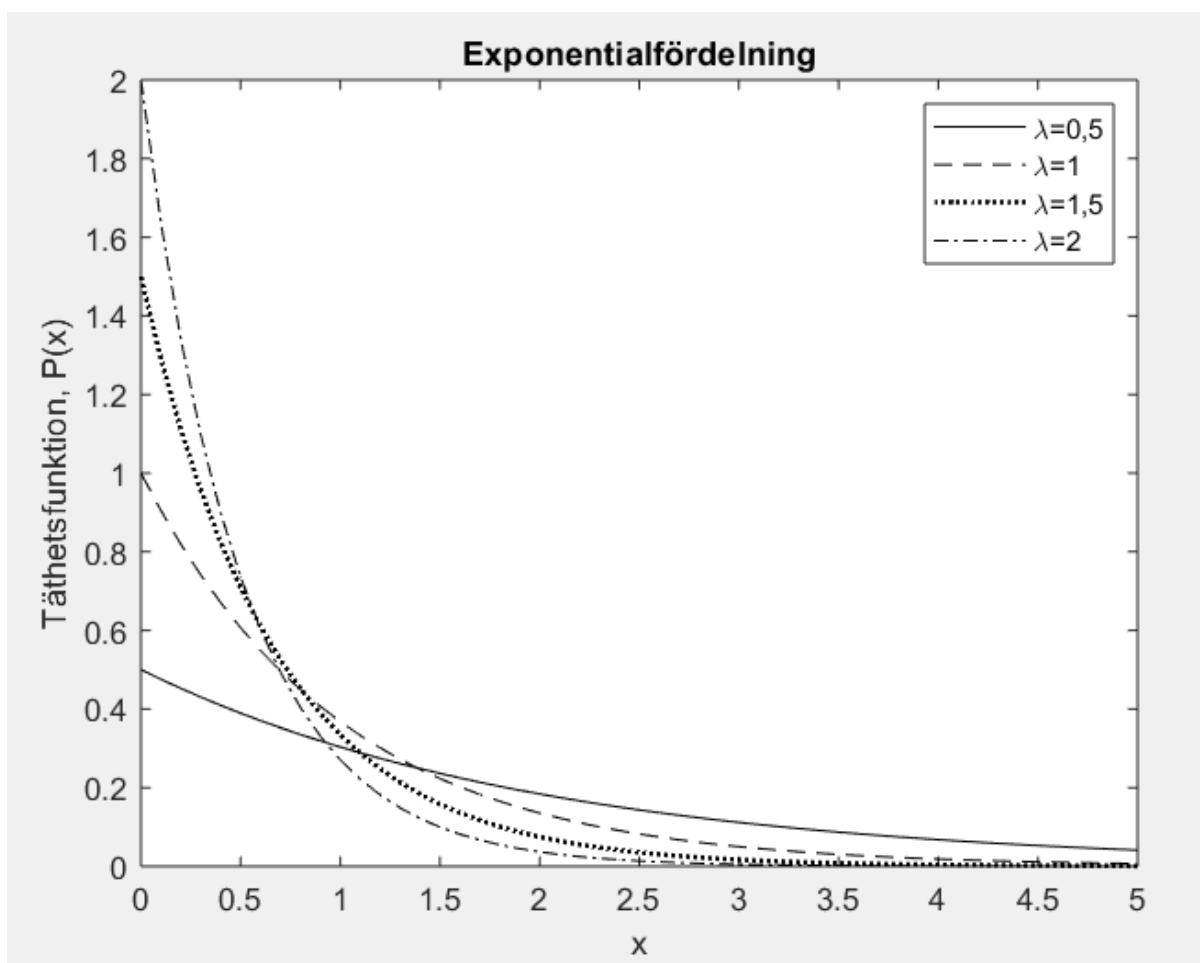
Poissonfördelningen beskriver vanligen antalet händelser som inträffar under en viss tid. Det är en diskret fördelning, vilket innebär att den endast kan anta bestämda värden. För poissonfördelningen måste två antaganden göras gällande händelserna. Det första antagandet är att händelserna är oberoende av varandra och det andra är att två eller flera händelser inte kan inträffa samtidigt. För att ta fram poissonfördelningens täthetsfunktion används tiden t samt förekomstfrekvensen v (Nowak & Collins, 2000). Istället för v används i vissa sammanhang beteckningen λ och ett annat uttryck för förekomstfrekvens är återkomsttid. Enligt Nowak & Collins (2000) erhålls förekomstfrekvensen vanligen från den insamlade datan. Ett antal täthetsfunktioner för poissonfördelningar kan ses i figur 6.



Figur 6: Täthetsfunktioner för poissonfördelning

Forbes, Evans, Hastings och Peacock (2010) skriver att exponentialfördelningen är ett specialfall av gammafördelningen. Denna fördelning kan bland annat användas för att beskriva tiden mellan händelser när antalet händelser är poissonfördelade. Därmed kan exponentialfördelningen till exempel användas för att beskriva tiden det tar för en radioaktiv atom att brytas ned. Enligt Forbes et al. är de allra flesta tidsintervall korta för denna typ av fördelning. Desto längre tidsintervallen är, desto ovanligare är det att de inträffar. Täthetsfunktionen för fördelningen beskrivs med hjälp av förekomstfrekvensen λ . λ kan erhållas med hjälp av medelvärdet, se ekvation 5. Ett antal täthetsfunktioner för exponentialfördelningar kan ses i figur 7.

$$\lambda = \frac{1}{\mu} \quad (5)$$



Figur 7: Täthetsfunktioner för exponentialfördelning

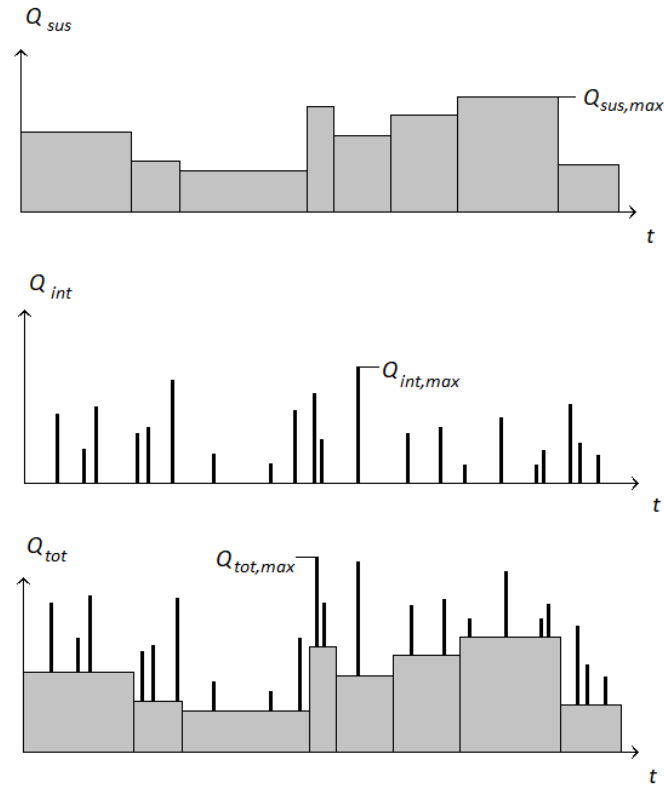
En teknik som används för att framställa data utan att göra mätningar är den så kallade Monte Carlo-metoden. I denna metod antas en sannolikhetsfördelning med hjälp av en begränsad mängd information. När fördelningen är bestämd används denna för att framställa slumpmässiga nummer som tillsammans bildar en mängd data. Ur dessa data kan statistiska slutsatser dras. Metoden genererar ett bättre resultat desto fler gånger den utförs och ett stort antal iterationer är ofta nödvändigt för att få ett tillförlitligt

resultat (Nowak & Collins, 2000). Metoden uppkom på 1940-talet och används än idag i hög utsträckning av både myndigheter och industrier för att beskriva komplexa processer (Thomopoulos, 2013). Monte Carlo-metoden är enkel att använda, men har två aspekter som komplicerar den. Den första är att skriva datakoden så att denna simulerar det som önskas. Den andra aspekten är förstå hur verkligheten ska tolkas, det vill säga att bestämma den fördelning som passar bäst till problemet som ska beskrivas (Mooney, 1997).

2.4 Lastmodell

Då undersökningen av den nyttiga lasten sker vid ett tillfälle är en matematisk modell nödvändig för att beskriva lastens tidsvariation. Enligt International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB)(1989) finns det ingen anledning att göra denna modell allt för noggrann, då lastens osäkerhet är stor både tidsmässigt och rumsligt. Dessutom är inte lasten det intressanta vid dimensionering av en byggnad, utan lasteffekterna i form av krafter och moment i byggelementet. För dessa lasteffekter spelar det mindre roll om lastmodellen beskriver verkligheten på ett detaljerat sätt, det enda som spelar roll är att lasten som används för att ta fram effekterna är i rätt storleksordning. CIB menar därför att lastmodellen kan förenklas på ett flertal sätt som inte märkbart påverkar lasteffekterna.

Den nyttiga lasten varierar i tid och i rum. Med hänsyn till variationen i tid delas den nyttiga lasten upp i ihållande last och periodisk last. Den ihållande lasten består av vikten från möbler, föremål och andra objekt som normalt belastar golvet. Även vikten från personer som normalt vistas i rummet tillhör denna last (Joint Committee on Structural Safety (JCSS), 2001). JCSS menar att storleksförändringar av den ihållande lasten beror på vilken typ av ändring som sker i byggnaden. Större förändringar av denna last sker undantagsvis och är ofta relaterade till ändringar i användandet av byggnaden eller byte av ägare. Mindre förändringar sker på daglig basis och då främst när det gäller personlasten. Last som inte tillhör ihållande last faller under kategorin periodisk last och är bland annat samlingar av folkmassor och stapling av möbler i ett lite område. Periodiska laster har en kort varaktighet och orsakas av avvikande händelser. Enligt Honfi (2014) adderas den periodiska och den ihållande lasten och bildar den totala lasten. Maxvärdet för den ihållande lasten och maxvärdet för den periodiska lasten infaller sällan samtidigt vilket innebär att den totala lastens maxvärde är mindre än de två maxvärdena tillsammans. Detta kan ses i figur 8, där lasternas varaktighet över tiden illustreras.



Figur 8: Överst: Ihållande last, Mitten: Periodisk last, Underst: Total last. Reproducerad från Honfi (2014)

Lastmodellen som beskrivs nedan har presenterats av CIB (1989). Denna lastmodell, eller varianter av den, redovisas i ett antal källor; Sentler (1975), JCSS (2001), Ruiz & Soriano (1997), Honfi (2014) samt Peir & Cornell (1973). I lastmodellen av CIB försummas de mindre, dagliga, förändringarna av den ihållande lasten. Detta görs eftersom de i regel utgörs av personlasten, som för merparten av byggnaderna står för en liten del av den ihållande nyttiga lasten.

Parametrarna som beskriver den nyttiga lasten i lastmodellen beror till stor del på byggnadens användningsområde. Den nyttiga lastens storlek, w , beskrivs stokastiskt enligt ekvation 6.

$$w(x, y) = m + v + u(x, y) \quad (6)$$

I ekvation 6 är m medellasten för byggnader inom en specifik användningskategori. Värdet för m som gäller för kontor och som har tagits fram av JCSS (2001) redovisas i tabell 1. v är en slumpmässig variabel som tar hänsyn till variationen inom användningskategorin. Om användningskategorin är ospecifik blir värdet på v stort och motsatsen gäller om användningskategorin är välbestämd. $u(x, y)$ är ett slumpmässigt fält som representerar den rumsliga variationen för den beskrivna arean som gäller för variabeln v . x och y motsvarar därmed koordinaterna i rummet. m , v och u är alla beroende av tiden.

För det linjärelastiska fallet kan lasteffekten S skrivas enligt ekvation 7.

$$S = \int_A w(x, y) i(x, y) dA \quad (7)$$

Här representerar $w(x, y)$ lastens storlek, definierad enligt ekvation 6. $i(x, y)$ är influensfunktionen för den lasteffekt som studeras och A är arean, det vill säga storleken på den belastade ytan.

2.4.1 Ihållande last

Den ihållande lasten w_{sus} (*sus* från engelskans *sustained*), fördelad över arean A , beskrivs i modellen med en ekvivalent jämnt utbredd last q_{sus} . w_{sus} och q_{sus} ger samma lasteffekt och deras samband kan ses i ekvation 8.

$$q_{sus} = \frac{\int_A w(x, y) i(x, y) dA}{\int_A i(x, y) dA} \quad (8)$$

Medelvärde av q_{sus} är m_{sus} , och beskrivs enligt ekvation 9. Storleken på m_{sus} för olika användare av samma byggnad antas vara oberoende. m_{sus} antas vara konstant för en specifik användares hela nyttjandeperiod av byggnaden, men ändras när byggnaden byter användare vilket beror på att stora ändringar av q_{sus} vanligen sker vid dessa tillfällen.

$$E[q_{sus}] = m_{sus} \quad (9)$$

Variansen för den ekvivalent utbredda lasten q_{sus} beskrivs med hjälp av ekvation 10.

$$Var[q_{sus}] = \sigma_{v,sus}^2 + \frac{A_0}{A} \sigma_{\bar{u},sus}^2 \kappa \quad (10)$$

A_0 är den minsta arean där en jämnt fördelad last är intressant. Om A är mindre än A_0 sätts kvoten $\frac{A_0}{A}$ till 1. För kontor anser JCSS (2001) att $20 m^2$ är ett bra värde på A_0 , se tabell 1.

κ kallas för *peak factor* och räknas ut med hjälp av ekvation 11. Beroende på vilka upplagsvillkor den studerade balken eller plattan har ändras κ . Enligt Sentler (1975) styr även geometrin storleken på κ och värdet på κ varierar mellan 1-3. Vid en lastundersökning kan κ vanligen sättas till 1 (CIB, 1989).

$$\kappa = A \frac{\int_A [i(x, y)]^2 dA}{[\int_A i(x, y) dA]^2} \quad (11)$$

Medelvärde av u_{sus} betecknas \bar{u}_{sus} . $\sigma_{v,sus}$ och $\sigma_{\bar{u},sus}$ beskriver standardavvikelsen för den slumpmässiga variabeln v_{sus} respektive standardavvikelsen för det slumpmässiga fältet \bar{u}_{sus} . JCSS (2001) värden på $\sigma_{v,sus}$ och $\sigma_{\bar{u},sus}$ som gäller för kontor redovisas i tabell 1.

Vid undersökta areor större än ett visst värde kan korrelationen mellan olika \bar{u}_{sus} antas vara noll. För kontor gäller detta för areor större än $2 - 3 m^2$ (Peir & Cornell, 1973).

Undersökningar där den ihållande lasten har studerats har visat att en normalfördelning inte är en optimal beskrivning av lasten q_{sus} . Enligt CIB är de fördelningar som passar bäst gammafördelning samt lognormalfördelning. JCSS (2001) och Ruiz & Soriano (1997) menar att gammafördelningen är den fördelning som passar allra bäst.

2.4.2 Periodisk last

Matematiken bakom den periodiska lasten är i stora drag densamma som för den ihållande lasten. Detta medför att en förenkling av lastmodellen kan göras på liknande sätt som för den ihållande lasten. För att detta ska vara möjligt behövs ett antal antaganden göras (CIB, 1989). Tidsmässigt antas förekomsten av olika laster vara oberoende av varandra. När det gäller det slumpmässiga fältet $u(x, y)$ som definierades i ekvation 6, antas den rumsliga korrelationen minska drastiskt med avståndet. Dessutom antas den rumsliga och tidsmässiga variationen vara oberoende av varandra.

Den periodiska lasten beskrivs i modellen med en jämnt utbredd last q_{int} (*int* från engelskans *intermittent*), som ger samma lasteffekt som lasten w_{int} som är fördelad över arean A . Ekvation 6-11 kan därför användas men med index *int* istället för *sus*. Enligt Honfi (2014) kan dock ekvation 10 förenklas något, se ekvation 12.

$$Var[q_{int}] = \frac{A_0}{A} \sigma_{\bar{u},int}^2 \kappa \quad (12)$$

Ett värde på $\sigma_{\bar{u},int}$ som är framtaget av JCSS (2001) och som gäller för kontor redovisas i tabell 1. Precis som för den ihållande lasten kan storleken på den periodiska lasten antas vara gammafördelad (Honfi, 2014 & JCSS, 2001). Å andra sidan menar JCSS att en exponentialfördelning också passar bra. Anledningen till detta är att det vanligen inte finns en stor mängd data för den periodiska lasten. Detta gör att standardavvikelsen vanligen blir i samma storleksordning som medelvärdet.

2.4.3 Lastmodellens variation i tiden

Antalet storleksändringar för den ihållande och den periodiska lasten modelleras med hjälp av en poissonprocess (Honfi, 2014 & JCSS, 2001) och tiden mellan ändringarna antas vara exponentiellt fördelad (JCSS, 2001). Precis som det nämndes i avsnitt 2.4.1 antas medelvärdet av den ihållande lasten vara konstant för en specifik användares hela nyttjandeperiod av byggnaden. Lastförändringarnas antal är poissonfördelad med förekomstfrekvensen λ . Den periodiska lastens poissonfördelning beskrivs istället med förekomstfrekvensen v och den deterministiska lastvaraktigheten d_p (Honfi, 2014). Värden på $1/\lambda$, $1/v$ samt d_p redovisas i tabell 1.

Tabell 1: Lastmodellens inparametrar för kontor, värden enligt JCSS (2001)

	Ihållande last				Periodisk last			
A_0 [m^2]	m_q [kN/m^2]	σ_v [kN/m^2]	$\sigma_{\bar{u}}$ [kN/m^2]	$1/\lambda$ [a]	m_p [kN/m^2]	$\sigma_{\bar{u}}$ [kN/m^2]	$1/v$ [a]	d_p [d]
20	0,5	0,3	0,6	5	0,2	0,4	0,3	1-3

2.5 Tidigare studier kring nyttiga laster

I följande avsnitt presenteras ett antal tidigare studier som gäller nyttig last i kontorshus. De sex första som redovisas har tagit fram egen mätdata genom en laststudie. De tre sista undersökningarna har inte genomfört någon egen lastundersökning, utan drar slutsatser kring den nyttiga lasten med utgångspunkt från en mängd andra källor.

2.5.1 Undersökning av Lars Sentler

1974 publicerades en studie där 12 kontor undersöktes i Stockholm (Sentler, 1974). Den totala undersökta arean var $3\,457\text{ m}^2$ och eftersom endast moderna byggnader var av intresse studerades enbart byggnader byggda efter 1960. Sentler ville undersöka så många kontor som möjligt, och valde därför att begränsa den undersökta arean i respektive kontor till fem procent. Den undersökta arean valdes ut slumpmässigt. Endast de delar av byggnaden som användes som kontor undersöktes. Inga byggnaders bottenvåningar eller eventuell källare bestod av kontor, och undersöktes därför inte.

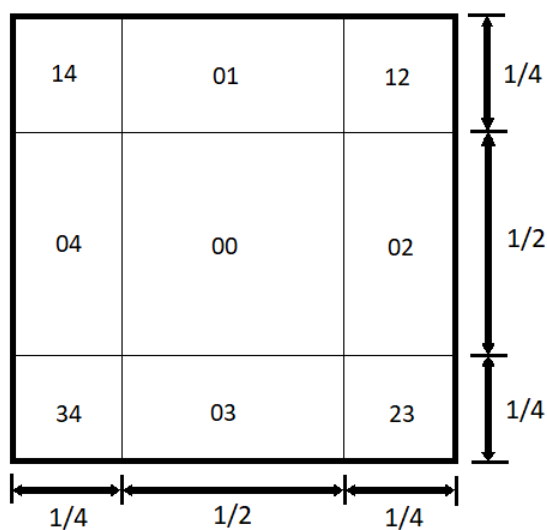
När kontoren studerades gjordes initialt en planritning som visade alla skiljeväggar, möbler och annan utrustning. Därefter vägdes möbler och utrustning och utifrån dessa framställdes en förteckning. Alla ytor fotograferades dessutom från minst två olika håll och det noterades hur många personer som normalt vistades på respektive yta. Personerna vägdes inte i studien utan vikten på dessa togs från tidigare studier. Den ena studien gällde kvinnor mellan 16 och 65 år, och den andra män mellan 18 och 45 år. För att inkludera vikt från män äldre än 45 år extrapolerades datan med hjälp av informationen kring de äldre kvinnornas vikt. Det antogs att lika många män som kvinnor arbetade i kontoren och därför användes ett medelvärde av kvinnornas och männens vikt, vilket blev 67 kg. Denna vikt inkluderade inte kläder så därför adderades 3 kg per person vilket gav en vikt på 70 kg per person. Av de undersökta kontoren var nästan alla innerväggar icke bärande. Om inredningen som bars av dessa överskred lasten 10 N/m räknades den in i den nyttiga lasten, och var den lägre ignorerades den.

Sentler redovisade den ihållande lasten på två sätt; med eller utan last från personer. Anledningen till detta var att personlasten ansågs vara beroende på sociala aspekter i olika länder. Med personlast inkluderad blev den ihållande lasten i studien i genomsnitt $0,364\text{ kN/m}^2$ med en standardavvikelse på $0,108\text{ kN/m}^2$ och för ihållande last utan personlast inkluderad blev medelvärdet $0,289\text{ kN/m}^2$ och standardavvikelsen $0,091\text{ kN/m}^2$. Den använda arean var i genomsnitt 33 m^2 , och i denna area inkluderades även korridorer. Den nyttiga lastens storlek berodde i stor utsträckning på vilken typ av verksamhet som bedrevs i kontoren. För att studera influensareans påverkan på den ihållande lasten delade Sentler in kontorsrummen i två grupper beroende på deras storlek. Resultatet blev att större kontorsrum hade en lägre last per kvadratmeter golvyta. Sentler menar att detta beror på att även om golvytan i ett kontorsrum ökar, så ökar inte antalet möbler och andra föremål i rummet i särskilt stor utsträckning. Detta leder således till en lägre last per kvadratmeter. Med tanke på studiens storlek ansåg dock inte Sentler att den nyttiga lasten kan bevisas vara beroende på arean, den enda slutsats som kunde dras var att studien antydde detta.

2.5.2 Undersökning av James Bryson och Daniel Gross

I början på 1967 påbörjades en studie i USA för att öka kunskapen kring nyttiga laster i kontorshus (Bryson och Gross, 1968). Detta gjordes då författarna ansåg att tidigare studier inom området inte hade varit tillräckligt omfattande för att kunna utgöra en bra vetenskaplig grund. Huvudsyftet med studien var att utveckla en effektiv och ekonomisk metod för att undersöka ihållande laster i kontorsbyggnader, som i bästa fall skulle resultera i en lastundersökningsmetodik utan vägning. I studien undersöktes två moderna, statliga byggnader i Washington D.C med totalt 556 rum fördelade på 11 700 m². Moderna i detta sammanhang innebar att byggnaderna byggdes inom en tioårsperiod från studiens genomförande. Samtliga rum förutom källare och tvättstugor undersöktes.

Lasterna som inkluderades vid undersökningen var lasten från personer, flyttbara skiljeväggar, golvbeläggningar samt möbler och deras innehåll. Föremål och möbler som hade byggts in under byggnadsfasen inkluderades inte. Lasten från föremål som av olika skäl inte kunde vägas, uppskattades istället. I studien noterades utöver vikten på föremålen, deras egenskaper och eventuellt löst innehåll även deras ungefärliga horisontella placering. Den horisontella placeringen bestämdes genom att dela in samtliga rum i nio rutor, se figur 9. Varje föremål tilldelades ett unikt nummer. Ur detta nummer gick det att utläsa vilken typ av föremål det var. Våningen, rumsnumret, rummets dimensioner och användning, antalet arbetare och deras kön noterades också vid undersökningen.



Kodnummer är relaterad till aktuell riktning:

00 = Centralt	03 = Söder
01 = Norr	34 = Sydväst
12 = Nordöst	04 = Väst
02 = Öst	14 = Nordväst
23 = Sydöst	

Figur 9: Indelning av rum. Reproducerad från Bryson & Gross (1968)

Vid undersökningen krävdes fyra personer. Ett datorprogram användes för att göra tabeller och diagram, och ett annat datorprogram användes för att upptäcka uppenbara fel i den insamlade datan. För den ena byggnaden undersöktes i genomsnitt $40 \text{ m}^2/h$, och för den andra undersöktes $55 \text{ m}^2/h$. Bryson och Gross kom fram till att medelvärdet på den ihållande lasten för alla rum var $0,508 \text{ kN/m}^2$. En viktig faktor som framhävdes i studien var relationen mellan rumsstorlek och rumslast. Studien ansågs dock inte vara tillräckligt omfattande för att skribenterna skulle kunna dra några slutsatser kring detta.

2.5.3 Undersökning av Charles Culver

Charles Culver (1976) undersökte 23 kontorsbyggnader, både privata och statliga, i olika delar av USA. Valet av byggnader gjordes slumpmässigt och projektet skedde under åren 1973-1976. Ett antal olika faktorer valdes ut för att undersöka deras relevans i förhållande till den nyttiga lasten och en ekvation för sambanden togs fram. De undersökta faktorerna var rumsanvändning och storlek, byggnadens plats, höjd och ålder samt typ av brukare. Endast kontorslokaler samt andra arbetsytor undersöktes och ytor så som toaletter, källare och korridorer togs ej med då dessa inte ansågs möjliga att inkludera i studien. Culver menar dock att lasterna på dessa ytor egentligen är relevanta i sammanhanget.

För att ta fram den ihållande lasten användes en inventeringsprincip. Typ av möbel, material samt dimensioner antecknades. Approximativa mått på oregelbundna föremål samt högar med papper noterades. Vikten uppskattades med hjälp av genomsnittliga vikter från produktblad. Det samlades in data kring antalet personer i lokalen, men inte deras vikt. Lasten från personer togs inte med i beräkningen av den ihållande lasten. Inventeringsprocessen krävde ingen vägning och var därför mindre tidskrävande än metoder som involverar vägning. Metoden störde dessutom verksamheten så lite som möjligt då den enda information som behövdes från brukarna var antalet personer i respektive rum samt innehållet i lådor. Ingen specialutrustning krävdes för undersökningen. Den nyttiga lasten erhöles genom att dividera den framtagna lasten i respektive rum med rumsarean.

I studien undersöktes inte alla rum i byggnaden. Istället delades rummen in i olika grupper beroende på rumsanvändning, rumsstorlek samt brukaraktivitet. Därefter valdes slumpmässigt ett antal rum ur respektive grupp ut för vidare studier. Totalt undersöktes 2 226 rum. För att göra rumsindelningen krävdes ett initieellt besök där planritningar och information om byggnadens brukare erhöles. Vid det andra besöket skedde mätningen. Mätningen krävde i genomsnitt en timme per person och rum, vilket är mindre än hälften så lång tid jämfört med vad som krävdes vid en tidigare studie där vägning utfördes.

För att kontrollera den inhämtade datan genomfördes ett antal åtgärder. Först kontaktades en procent av brukarna för att säkerställa att inventeringen i deras kontor hade utförts korrekt. Därefter skapades ett datorprogram som kontrollerade datan. Bland annat kontrollerade detta program att dimensionerna på de undersökta föremålen var inom valda gränsvärden. Om felen var små åtgärdades dessa av programmet till standardvärden, och var de stora förkastades hela rumsinventeringen. Totalt förkastades 8,5 % av de undersökta rummen på grund av stora fel i data.

De erhållna vikterna från inventeringsprincipen kan enligt Culver skilja sig från de verkliga av två skäl. Det första är att de ansatta värdena på material och föremål inte överensstämmer med materialen och föremålen i det undersökta rummet. Det andra är att inventerarna måste göra uppskattningar vid undersökningarna vilket leder till felaktiga mätresultat. För att kontrollera storleken på dessa fel gjordes en noggrannare undersökning på 14 av de undersökta rummen. Dessa rum undersöktes minst tre gånger av tre olika inventerare genom inventeringsprincipen. Därefter vägdes föremålen i rummen och vikterna jämfördes med de som hade erhållits vid inventeringsprocessen. När de olika inventerarnas resultat jämfördes mot varandra upptäcktes inga trender i felen relaterade till respektive person. Culver behandlade därför inventerarna som en grupp och inte som individer i den fortsatta analysen. I denna visade det sig att standardavvikelsen för inventeringen var tio procent av den verkliga vikten. Dessa tio procent innefattade både fel på grund av ansatta värden på föremål och material samt fel på grund av inventerarens uppskattningar. De systematiska felen var försumbara i förhållande till den statistiska variabiliteten mellan de olika rummen. Felen som inträffade tenderade att överskatta den nyttiga lasten, inte att underskatta den. Slutsatsen blev därför att det inte var nödvändigt att korrigera de uppskattade vikterna från inventeringsprocessen på grund av mätfel.

Resultatet av undersökningen visade 10 % skillnad i nyttig last mellan statliga och privata byggnader, där statliga byggnader stod för den högre lasten. Kontorets lokalisering, ålder eller höjd hade inte någon betydande påverkan på den nyttiga lastens storlek. Rummets användningsområde spelade däremot roll för storleken på lasten. Bibliotek var den rumstyp med högst nyttig last, men även förråd och arkiveringsrum gav stora laster. De rum med lägst laster var konferensrum och lobbyer. Generellt minskade lasten per kvadratmeter med ökande area. Hur starkt detta samband var berodde dock på rumstypen och var störst för kontorsrummen. För vissa rumstyper var sambandet till och med det motsatta, det vill säga att lasten per kvadratmeter ökade med ökande area, till exempel för förråd.

När ekvationen för den nyttiga lasten togs fram antogs det att inverkan av tiden inte påverkar ekvationens utseende. Med andra ord antog Culver att ekvationen fungerar lika bra då som nu. Culver belyser dock att detta är just ett antagande, och måste därför verifieras. Culver använde linjära samband för att undersöka de olika faktorerna, och kom fram till att rumsanvändningen var den faktor som spelade störst roll. Som tidigare nämnt spelade även rumsarean roll, och hur stor denna påverkan var berodde på rumstypen. Culver kom fram till att följande ekvation kan användas för att beskriva den ihållande lasten:

$$\begin{aligned} \text{Medelvärde ihållande last (psf)} = & (9,5 - 0,00135A_1) \cdot x_1 + (10,7 - 0,00123A_2) \cdot x_2 + \\ & +(4,7 - 0,00216A_3) \cdot x_3 + (6,4 - 0,00214A_4) \cdot x_4 + (26,3 - 0,00179A_5) \cdot x_5 + \\ & +(16,0 - 0,00067A_6) \cdot x_6 + (22,4 - 0,01509A_7) \cdot x_7 \end{aligned}$$

I ekvationen ovan uttrycks lasten i enheten *psf*. 1 *psf* motsvarar 47,88 N/m^2 (Sentler, 1976).

I föregående ekvation står $x_1 \dots x_7$ för de olika rumstyperna enligt nedan.

x_1 – huvudkontor

x_2 – administrativt kontor

x_3 – lobby

x_4 – konferensrum

x_5 – arkivrum

x_6 – förråd

x_7 – bibliotek

x kan endast anta värdena 0 samt 1, och endast ett x kan ha värdet 1. $A_1 \dots A_7$ står för arean inom respektive rumstyp. Med hjälp av ekvationen kan den ihållande lastens medelvärde för de olika rummen räknas ut, men inte den totala ihållande lasten.

Med alla undersökta rum inräknade blev medelvärdet på den ihållande lasten $9,9 \text{ psf}$, vilket motsvarar $0,472 \text{ kN/m}^2$. Standardavvikelsen blev $0,412 \text{ kN/m}^2$. Uträkningen skedde genom att varje rum fick utgöra en mätdatapunkt. Papper och böcker utgjorde en stor del av den totala vikten. Möbler gjorda av metall var vanligare än möbler gjorda av trä. Endast fyra plastmöbler återfanns i studien.

2.5.4 Undersökning av Kwesi Andam

I studien av Andam (1986) undersöktes 1 353 rum med en total area på $27\,818 \text{ m}^2$ i Ghanas huvudstad Accra. Studien utfördes år 1985 och innefattade nästan hälften av all kontorsyta i staden, där majoriteten var statliga byggnader. Det undersöktes hur byggnadens höjd, brukartiden och storleken på rummet påverkade storleken på den nyttiga lasten. Den ihållande lasten togs fram och rummen delades in i åtta olika rumstyper, beroende på användningsområde.

I stora drag användes samma princip vid genomförandet som Culver hade gjort år 1973-1976. Möbler som belastades med papper, böcker och andra föremål vägdes i begränsad omfattning och medelvikten användes därefter i studien. För möbler och större föremål som inte belastas med andra ting användes produktblad för att uppskatta eller bestämma lasten. Majoriteten av möblerna i studien var gjorda av trä. Toaletter och kök uteslöts, liksom källare. Flyttbara väggar räknades med i den nyttiga lasten men inte icke-bärande innerväggar. Personlasten bestämdes genom en vägning på 2 000 personer. I genomsnitt vägde de 67 kg och standardavvikelsen var 11 kg.

Personlasten blev i genomsnitt $0,074 \text{ kN/m}^2$, där den största lasten erhöles för huvudkontor och den lägsta erhöles för receptioner. Den nyttiga lasten i form av ihållande last blev i snitt $0,334 \text{ kN/m}^2$, med en standardavvikelse på $0,25 \text{ kN/m}^2$. Även här blev lasten lägst för receptioner. Förråd hade den största ihållande lasten. Medelarean var vid undersökningen $20,6 \text{ m}^2$. Den ihållande lasten var som störst på första våningen, men inget samband kunde hittas mellan byggnadernas höjd och storleken på den ihållande lasten. Den ihållande lastens storlek var nästintill konstant med brukartiden. En regressionsanalys gjordes för att ta fram areans påverkan på den ihållande lasten och ekvationen för denna blev:

$$y = 374,28 - 1,96 \cdot A$$

I uttrycket är y den ihållande lasten uttryckt i N/m^2 och A är arean i m^2 . Ekvationen visar att den ihållande lasten, uttryckt i N/m^2 , minskar med ökande area.

2.5.5 Undersökning av Sunil Kumar

Undersökningen av Kumar (2002) utfördes i Kanpur, Indien 1992-1993. Åtta kontorsbyggnader, med en total area på 11 720 m^2 fördelat på 388 rum studerades en gång vardera. Samtliga byggnader var statliga och de valdes ut slumpmässigt med avseende på ålder. Därmed studerades enbart relativt moderna byggnader. Endast kontorsdelarna inklusive förråd och arkivrum undersöktes, områden så som kafeteria, källare, kök och trappor exkluderades i studien.

När den nyttiga lasten togs fram användes en inventeringsprincip. I denna princip vägdes ingen inredning, utan istället uppskattades vikten med hjälp av produktblad, geometri och material. Ingen specialutrustning behövdes och verksamheten stördes mindre än om vägning av föremål hade utförts. Enligt Kumar var metoden snabbare än direkt vägning och dessutom var det en större andel av byggnaden som kunde undersökas. För att testa inventeringsprincipens tillförlitlighet jämfördes metoden med direkt vägning, och skillnaden visade sig vara mindre än 5 %. Vikten på vanligt förekommande föremål togs i de fall det var möjligt fram genom produktblad. För de flesta flyttbara föremålen kunde även vikten erhållas genom att multiplicera densiteten med volymen. När det gäller oregelbundna föremål gjordes en uppskattning av dimensionerna. Personvikten sattes till 65 kg per person med en standardavvikelse på 9,5 kg. Den ihållande lasten beräknades per rum samt per våning och lasten delades därmed på golvarean för rummet respektive golvarean för våningen.

Kumar kom fram till att medelvärdet av den ihållande lasten var 0,458 kN/m^2 . Standardavvikelsen var 0,278 kN/m^2 . Den största nyttiga lasten som erhöles för ett rum var 2,056 kN/m^2 . Förutom för kontorsdelarna minskade lasten per kvadratmeter med ökande area. När det gällde kontorsdelarna minskade lasten per kvadratmeter initiiellt med ökande area, och därefter blev förändringen marginell. Kumar kom dessutom fram till att storleken på den nyttiga lasten inte påverkades av höjden på byggnaden. I genomsnitt hade 30,5 % av lasten sitt ursprung från personer och resterande 69,5 % kom från inredning. 99,7 % av materialvikten i de undersökta kontoren utgjordes av stål och trä.

2.5.6 Undersökning av Sonia Ruiz och Alberto Soriano

I slutet på 1990-talet utförde Ruiz och Soriano (1997) en studie på kontorsbyggnader i Mexico City, med syftet att få fram den nyttiga lasten. Totalt undersöktes 14 890 m^2 i ett antal byggnader. I den nyttiga lasten inkluderades möbler, utrustning och andra kontorsmaterial. Även lasten från personer samt lätta väggar och skiljeväggar som var fästa i golv eller tak inkluderades. Personvikten antogs vara 68,04 kg med en standardavvikelse på 11,34 kg. Endast kontorsareor undersöktes. En lista skapades med 60 vanliga kontorsföremål samt deras vikter. Denna lista användes vid inventeringen och endast avvikande föremål vägdes. Resultatet för den ihållande lasten varierade mycket mellan olika byggnader, och blev mellan 0,504 kN/m^2 och 0,923 kN/m^2 . Medelvärdet

blev $0,736 \text{ kN/m}^2$. Standardavvikelsen varierade mellan $0,203 - 0,252 \text{ kN/m}^2$. Desto större area som studerades, desto mindre blev standardavvikelsen.

Ruiz och Soriano tog även fram den periodiska nyttiga lasten. När detta gjordes antogs att i genomsnitt fyra personer vistades vid varje kontorsplats. Standardavvikelsen var två personer. Den periodiska lasten antogs i genomsnitt inträffa en gång per år och desto större den undersökta arean var, desto mindre blev den periodiska nyttiga lasten per kvadratmeter. När arean var 19 m^2 blev den periodiska lasten $0,38 \text{ kN/m}^2$ och när arean var 260 m^2 blev den periodiska lasten $0,21 \text{ kN/m}^2$.

2.5.7 Sammanfattning av tidigare undersökningar

Undersökningarna som presenterades i avsnitt 2.5.1-2.5.6 sammanfattas i tabell 2. Lasterna i kolumn 4 motsvarar den ihållande lasten och standardavvikelsen för denna redovisas i kolumn 5. I tabellen kan det ses att lasten varierar mycket mellan de olika studierna. Med personlast inkluderad blev lasten som lägst för studien som utfördes år 1985 av Kwesi Andam, där den blev $0,334 \text{ kN/m}^2$. Störst blev lasten för studien som utfördes på 1990-talet av Sonia Ruiz och Alberto Soriano. Lasten blev i denna studie $0,736 \text{ kN/m}^2$. Lars Sentler valde i undersökningen att redovisa två lastvärden; ett där personlasten var inkluderad, och ett där den inte var det. I övriga studier är det endast Charles Culver som inte har inkluderat personlasten. I tabellen ses en stor variation i standardavvikelse mellan de olika studierna. Den största standardavvikelsen erhöll Charles Culver, som fick en cirka 4 gånger högre standardavvikelse än Lars Sentler. Orsaken till detta beror troligen på att Charles Culver tog med både arkiveringsrum och bibliotek i studien, som gav mycket höga laster. Culver tog även med lobbyer, som gav låga laster. Lars Sentler tog däremot endast med de delar av byggnaden som användes till kontor. Det var bara Sonia Ruiz och Alberto Soriano som utöver den ihållande lasten även valde att undersöka den periodiska lasten, och resultatet de fick fram var att den varierade mellan $0,21 - 0,38 \text{ kN/m}^2$. Av undersökningarna framgår ingen tydlig koppling mellan storleken på lasten och året då studien genomfördes.

Tabell 2: Sammanställning av tidigare undersökningar

Undersökare	Årtal	Area [m^2]	Last [kN/m^2]	Standardavvikelse [kN/m^2]
Lars Sentler, med personlast	1974	3457	0,364	0,108
Lars Sentler, utan personlast	1974	3457	0,289	0,091
James Bryson & Daniel Gross	1967	11 700	0,508	-
Charles Culver	1973-1976	-	0,472	0,412
Sunil Kumar	1992-1993	11 720	0,458	0,278
Sonia Ruiz & Alberto Soriano	1990-talet	14 890	0,736	0,203-0,252
Kwesi Andam	1985	27 818	0,334	0,250

2.5.8 Undersökning av Ross Corotis and Viresh Doshi

I en studie av Corotis och Doshi (1977) undersöktes ingen ny data utan författarna använde sig av äldre undersökningar med data som gick att anpassa till en sannolikhetsmodell. I studien analyserades och jämfördes fem olika studier. Antalet rum i varje studie antecknades och för de som inte hade indelning efter rum ansattes antalet rum efter planritning eller standardstorlekar. För att avgöra hur symmetrisk datan var togs skevhetskoefficienten fram. Generellt blev denna hög, vilket enligt Corotis och Doshi innebär att en normalfördelning inte är en bra anpassning till datan utan lognormal- eller gammafördelning passar bättre. Normalfördelningen passade normalt bra runt medelvärdet, men när det gäller extremvärdena i svansregionerna var känsligheten mot fel större och här var det därför lämpligt att jämföra med andra fördelningar.

För att ett bra värde på den nyttiga lasten skulle erhållas kombinerades resultaten från de olika studierna med varandra. När denna sammanslagning gjordes viktades studien med antalet rum som var med i undersökningen och ingen hänsyn togs till storleken på rummen. Resultatet för kontor visas i tabell 3. Av de olika fördelningarna visade det sig att gammafördelningen bäst beskrev den nyttiga lasten. Normalfördelningen gav för låga lastvärden i den övre svansregionen. I de studerade undersökningarna togs endast ihållande last med och inte den periodiska.

Tabell 3: Ihållande nyttig last för kontor (Corotis & Doshi, 1977)

	90 %-lasten [kN/m^2]	99 %-lasten [kN/m^2]	99,9 %-lasten [kN/m^2]
Observerat	1,02	1,94	2,74
Normal	1,14	1,57	1,89
Lognormal	1,11	2,11	3,38
Gamma	1,16	1,95	2,68

2.5.9 Undersökning av CIB

Precis som i fallet för Corotis och Doshis undersökning så tog CIB (1989) inte fram någon ny data utan drog slutsatser utifrån tidigare studier. CIB sammanställde den ihållande nyttiga lasten från ett antal studier genomförda på kontor, där de undersökta rummen var i storleksordningen $9,3 m^2$ - $27,9 m^2$. Totalt innefattade sammanställningen $353\,400 m^2$ fördelade på sex olika länder. Medelvärdet på den ihållande nyttiga lasten för kontor blev $0,52 kN/m^2$, med en standardavvikelse på $0,28 kN/m^2$. CIB presenterade också en tabell där den ihållande nyttiga lasten jämfördes mellan ett antal länder. Storleken varierade mellan $0,33 kN/m^2$ till $0,60 kN/m^2$, och var $0,38 kN/m^2$ för Sverige. Vid denna jämförelsen gavs värdet i vissa fall för ett rum, och i vissa fall för en area på $20 m^2$ - $30 m^2$. Utifrån den spridda variationen av lastvärden drog CIB slutsatsen att det inte fanns någon mening med att fastställa generella lastvärden i dimensioneringsnormerna som gäller för flera länder.

När det gäller den periodiska nyttiga lasten var antalet studier som fanns tillgängliga för jämförelse få. CIB erhöll ett värde på $0,38 \text{ kN/m}^2$ baserat på två olika studier. Standardavvikelsen var $0,39 \text{ kN/m}^2$ och förekomstfrekvensen var en gång per år. CIB presenterade också en tabell, baserad på en annan källa, där ett antal fall av den periodiska nyttiga lasten redovisades. För kontor kan dessa värden ses i tabell 4.

Tabell 4: Periodisk nyttig last för kontor (CIB, 1989)

	Medelvärde [kN/m^2]	Standardavvikelse [kN/m^2]	Förekomstfrekvens [1/år]	Genomsnittlig varaktighet
Ansamling av personer	0,49	0,44	0,4	6 timmar
Utrymning	1,24	1,11	0,02	15 minuter
Renovering	0,41	0,48	0,25	2 veckor

Baserat på de tidigare studierna, samt lastmodellen som i stora drag redovisades i avsnitt 2.4, tog CIB fram 50-årslasten för den totala nyttiga lasten. För kontor blev detta värde $2,64 \text{ kN/m}^2$, med en standardavvikelse på $0,49 \text{ kN/m}^2$.

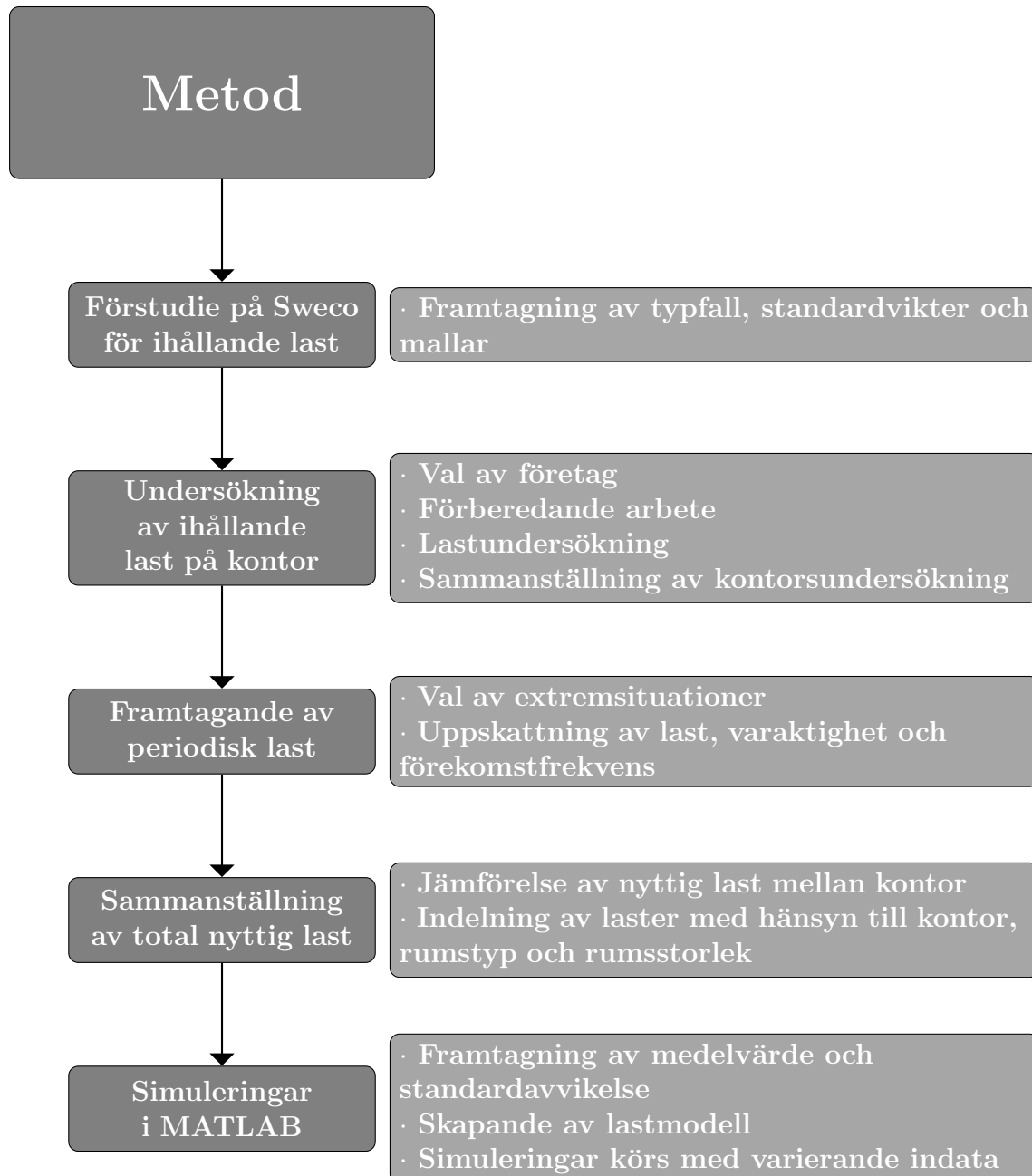
2.5.10 Undersökning av Daniel Honfi

År 2014 presenterade Daniel Honfi en artikel där de olika lastkombinationerna som finns presenterade i Eurokod (SS-EN 1990, 2002) undersöktes i förhållande till JCSS (2001) lastmodell. I avsnitt 2.4 presenterades en lastmodell för den nyttiga lasten, som skapades av CIB (1989). Denna lastmodell är mer eller mindre identisk med den lastmodell som presenterades av JCSS år 2001. Honfi valde i studien att använda $\kappa = 2$ när variansen räknades ut enligt ekvation 10 samt 12.

När det gäller den karakteristiska lasten, uttryckt i kN/m^2 , kom Honfi fram till att den minskar med ökande area. När den karakteristiska lasten beräknades för en area på 20 m^2 erhöles en last på cirka $3,6 \text{ kN/m}^2$. En area på 35 m^2 gav istället ett karakteristiskt lastvärde på $2,8 \text{ kN/m}^2$. När det gäller faktorn ψ_1 så ökade denna något med ökande area, men fick ett värde på runt 0,9. Honfi kom även fram till att det frekventa värdet, och därmed ψ_1 , inte påverkades nämnvärt av den periodiska lastens varaktighet när denna var inom intervallet 1-3 dagar. Med hänsyn till den stora storleksskillnaden mellan Honfis beräknade ψ_1 och Eurokods ψ_1 med värdet 0,5, drog skribenten ett antal slutsatser. För det första ansåg Honfi att Eurokods definition av ψ_1 bör ändras. För det andra ansågs lastmodellen för den nyttiga lasten vara i behov av en uppdatering. För faktorn ψ_2 erhöles Honfi två olika diagram med resultat, beroende på hur ψ_2 beräknades. I det diagram som är intressant för denna studie togs ψ_2 fram genom den nyttiga lastens medelvärde. Honfi kom fram till att ψ_2 ökade med ökande area, och blev storleksmässigt i intervallet 0,10 – 0,29. För de större areorna erhöles därmed Honfi ett värde på ψ_2 som är i närheten Eurokods värde på 0,3.

3 Metod

Det övergripande tillvägagångssättet för att ta fram det karakteristiska värdet på den nyttiga lasten kan ses i figur 10. En mer detaljerad redogörelse av metoden beskrivs i nästkommande avsnitt, avsnitt 3.1-3.3.



Figur 10: Övergripande metodik

3.1 Specificering av undersökning

För att genomföra en så tillförlitlig men samtidigt en så tidsbesparande lastundersökning som möjligt skedde inledningsvis en förstudie på Swecos kontor i Malmö. I denna förstudie vägdes lättare föremål. För tyngre föremål användes produktblad för att få fram vikten om detta var möjligt. Återfanns inte vikter i produktblad skedde istället en uppskattning med hjälp av kända vikter på liknande föremål. För att erhålla vikten av papper och annat kontorsmaterial på skrivbord vägdes ett antal ”typfall” i förväg. Fotografier togs på dessa ”typfall” och användes sedan för att uppskatta vikten av papper och annat kontorsmaterial på skrivbordet i studien. Typfallen kan ses i bilaga A. Observera att datorskärmar, tangentbord samt bärbar dator ej inkluderades i typfallens vikter. För böcker och pärmar i bokhyllor vägdes dessa i förväg, och det togs fram en vikt per meter. När lastundersökningen sedan skulle genomföras mättes raden med pärmar eller böcker, och vikten kunde på så vis erhållas. Utifrån Swecos kontor gjordes en mall där vikter på typiska kontorsprodukter listades. Denna lista användes vid resten av undersökningarna för att reducera antalet vägningar. I listan fanns även ”typfallen” och vikten av böcker samt pärmar med.

I den nyttiga lasten inkluderades inte golvmaterial. Inte heller fasta innerväggar togs med, varken bärande eller icke bärande. Föremål som hängde på icke bärande innerväggar räknades däremot med i den nyttiga lasten, precis som fast monterade vikkväggar samt blockväggar. I samråd med konstruktör bestämdes vilka ytor på de olika kontoren som tillhörde kategori B i Eurokod, de ytor som inte gjorde detta togs ej med i undersökningen. Exempel på sådana ytor var trapphus, hiss, källare, reception samt i vissa fall lounge och kök. Av ytorna som ansågs tillhöra kategori B studerades samtliga områden, om detta av praktiska skäl var möjligt.

När det gäller personlasten antogs vikten per person vara 68 kg för kvinnor och 84 kg för män. Dessa värden erhöles från en undersökning gjord av Statistiska Centralbyrån 2016-2017 och som gällde personer i åldrarna 16-84 år (Statistiska Centralbyrån, 2018). Vid lastundersökningen antogs det att lika många män som kvinnor vistades i lokalerna, vilket gav en medelvikt på 76 kg. För att inkludera kläder inklusive ytterkläder användes vikten 78 kg. Denna vikt är något högre än de som har använts vid tidigare undersökningar. Sentler (1976) använde en total vikt på 70 kg, där kläder beräknades väga 3 kg. Andam (1986) antog att personvikten var 67 kg, Kumar (2002) antog att den var 65 kg och Ruiz & Soriano (1997) använde en personvikt på 68,04 kg. Den ihållande personlasten togs fram genom att räkna antalet personer i respektive rum vid två tillfällen under mätperioden, för att sedan använda ett medelvärde.

För den periodiska lasten togs ett antal möjliga scenarion fram, baserade på Swecos kontor. De fem scenarierna bygger på JCSS (2001) definition av periodisk last samt CIB:s (1989) redovisade fall i tabell 4 och var: ansamling av personer vid brandlarm, ansamling av personer i ett stort mötesrum, att ett antal personer samlas i ett mindre rum samt två olika staplingar av möbler i ett kontorslandskap. Baserat på lastundersökningen av den ihållande lasten uppskattades den periodiska lasten. En approximering gjordes även gällande de olika scenariernas varaktighet samt förekomstfrekvens.

För att utföra inventeringen behövdes planritningar över kontoret på förhand. Dessa användes för att dela in kontorsytan i rum, antingen verkliga eller fiktiva. Ritningarna användes dessutom för att ta fram kontorsytornas area. Då studiens syfte var att jämföra dagens nyttiga last mot Eurokod var det endast av intresse att undersöka moderna byggnader. Med moderna byggnader räknades i det här fallet byggnader som byggdes eller totalrenoverades invändigt efter år 2005. För att kunna göra efterkontroller fotograferades de undersökta lokalerna. När de olika rummen undersöktes noterades vilket användningsområde de hade.

För att strukturera och underlätta undersökningen användes ett formulär där typ av föremål, antal, material samt vikt specificerades; var produktnamnet eller tillverkaren känd noterades även detta. Ett nytt formulär användes för varje rum, för att kunna ta fram lasten per rum. Formuläret som användes vid undersökningen kan ses i bilaga B. När platsundersökningen för ett kontor var klar skapades ett formulär för att sammanställa alla rum med respektive laster, se bilaga C. Med hjälp av detta formulär räknades den ihållande lasten ut för respektive rum och för hela kontoret. När lastundersökningen för den ihållande lasten samt tillhörande formulär var färdigställt för respektive kontor, sammanställdes informationen och jämfördes på tre olika sätt. Det första sättet innebar en jämförelse mellan samtliga rum, oavsett rumstyp eller rumsstorlek. Den andra jämförelsen gällde rumstypen. De undersökta rummen delades in i ett antal olika rumstyper, och en ihållande last beräknades för respektive rumstyp. Den sista jämförelsen var en jämförelse mellan olika areor; rum med liknande storlek jämfördes mot varandra, och en last beräknades för de olika areaintervallen.

3.2 Undersökta kontor

Kontoren som undersöktes var placerade i södra Sverige. För att få en så tillförlitlig studie som möjligt var tanken att undersöka kontor inom många olika branscher. Av olika anledningar, främst av sekretesskäl, visade sig detta vara svårt. Totalt undersöktes fyra olika kontor; två inom konsultbranschen, ett inom E-handel samt ett arkitektkontor. Kontoren som deltog i studien var Sweco, Tyréns, Avensia och FOJAB.

Swecokontoret ligger centralt på Drottningtorget i Malmö. Företaget är ett konsultföretag inriktat på arkitektur och teknik. I Sverige erbjuder de tjänster inom bland annat byggkonstruktion, arkitektur, installationsteknik, infrastruktur, vatten & miljö samt projektledning (Sweco, 2020). Huset i Malmö byggdes 1969 och totalrenoverades 2010. Byggnaden har åtta våningar och en totalyta på $10\,925\text{ m}^2$ (Storebrand Fastigheter AB, 2020). Våning 6 samt 7 undersöktes i studien, vilket gav en undersökt area på $2\,141\text{ m}^2$. De flesta personer på kontoret satt i öppna kontorslandskap, vissa med fasta och vissa med aktivitetsbaserade platser. I kontoret undersöktes inte loungedel eller köksdel. Receptionen fanns på entréplan och undersöktes därför inte heller.

I området Västra hamnen i Malmö undersöktes Tyréns kontor. Företaget är ett konsultföretag inom samhällsbyggnad och arbetar med stadsutveckling samt infrastruktur. De satsar också mycket resurser på forskning samt utveckling inom samhällsbyggnadsområdet (Tyréns, 2020). Kontoret i Malmö består av två sammanbyggda delar. Den första delen byggdes i början på 2000-talet, och den andra

blev färdigbyggd under 2019. I samband med att den andra delen byggdes renoverades den första, och renoveringen blev klar sommaren 2019. Kontoret består av sex våningsplan och har en area på cirka 6 000 m^2 . De två planen över entréplan undersöktes, samt den äldre delen av plan tre. Totalt utgjorde detta en yta på 2 736 m^2 . Precis som på Sweco räknades inte köksdelarna med, och inte heller receptionen då den fanns på entréplan. Loungedelar i anknytning till kontorsytorna räknades med, men inte de stora allmänna loungeområdena. Platserna på kontoret var fasta, där majoriteten satt i öppna kontorslandskap. Vid undersökningens genomförande var belägningsgraden på kontoret låg vilket medförde att många av platserna var tomma. Anledningen till detta var troligen att utbyggnaden och renoveringen av huset nyligen hade färdigställts, vilket medförde att alla kontorsplatser inte hade börjat utnyttjas.

Det tredje kontoret i undersökningen var Avensias kontor i Lund. Detta kontor ligger centralt, granne med kommunhuset Kristallen. Avensia hjälper företag med alla delar av E-handel, både implementering av system, strategisk rådgivning samt affärsutveckling (Avensia, 2020). Företaget delar en kontorsbyggnad, som var färdigbyggd 2018, med ett antal andra företag. Avensias lokaler finns på fjärde våningen och har en area på cirka 1 800 m^2 , där 1 404 m^2 undersöktes. Två rum; ett mötesrum och ett massagerum, kunde av praktiska skäl inte inkluderas i undersökningen. Utöver detta exkluderades reception, lunchrum samt ett loungeområde. Personalen satt i hög grad i kontorslandskap eller i stora kontorsrum med flera kontorsplatser. Platserna var indelade så att personer som arbetade med samma projekt satt i närheten av varandra.

FOJAB-kontoret som undersöktes ligger i Västra hamnen i Malmö. Företaget är ett arkitektkontor som utför arbete för företag och organisationer. FOJAB arbetar med planering och design av byggnader, stadsmiljöer samt interiörer (Fojab, 2020). Byggnaden som FOJAB sitter i har företaget själva ritat och den delas med ett antal andra företag. Huset är på sex plan och blev färdigbyggt 2009 (Wihlborgs, 2020). FOJAB har kontorsytor på hela plan sex samt halva plan fem, med en total area på cirka 1 700 m^2 , där 1 349 m^2 undersöktes. Ett förvaringsutrymme, ett lunchrum samt receptionen togs inte med i undersökningen. Ytterligare två rum, som enligt ritningarna användes som förråd respektive IT-rum, undersöktes inte då rummen var låsta. Samtliga personer på kontoret satt i kontorslandskap. I lokalen fanns förutom de ”vanliga” kontorsytorna även en modellverkstad och ett VR-rum.

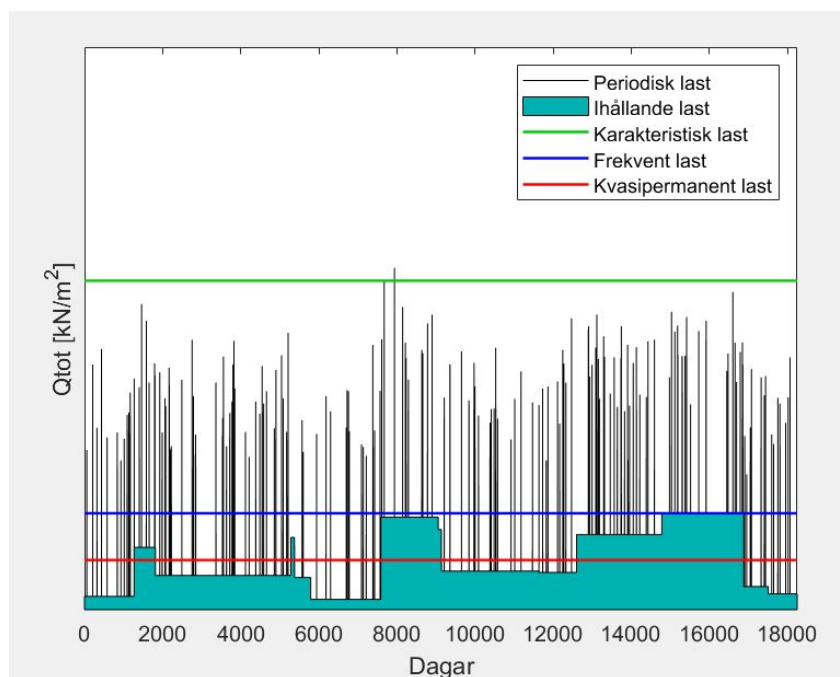
3.3 Matematisk beskrivning

När den fysiska lastundersökningen var utförd togs de karakteristiska lastvärdena fram med hjälp av en probabilistisk simulering. Simuleringen baserades på lastmodellen som beskrevs i avsnitt 2.4. Simuleringen genomfördes för femtioårsperioder, 18 250 dagar, och bestod i stora drag av sex steg som beskrivs nedan. Indatan varierades på olika sätt, därav gjordes ett stort antal simuleringar.

1. Inmatning av indatan. Indatan som behövdes var medelvärde, standardavvikelse och lastens förekomstfrekvens (återkomsttiden) för både ihållande last samt för periodisk last. För den periodiska lasten ansattes även en varaktighetstid. Förekomstfrekvensen som användes togs från JCSS (2001) och sattes till 3,33

gångr per år för den periodiska lasten och 0,2 gånger per år för den ihållande lasten, se tabell 1. Övriga indata varierades.

2. Tiden mellan lastförändringarna togs fram med en exponentialfördelning. Detta gjordes med hjälp av lastens förekomstfrekvens. En så kallad "random generator" användes i detta steg. Steget utfördes för både periodisk ihållande last.
3. Storleken på lasten skapades med hjälp av en gammafördelning. Indata i detta steg var medelvärde, standardavvikelse samt lastens varaktighet. Även här användes en "random generator" och steget utfördes för både periodisk och ihållande last.
4. Den ihållande och den periodiska lasten adderades dag för dag. På så vis erhöles den totala nyttiga lasten för de 18 250 dagarna.
5. Från den totala lasten togs den karakteristiska lasten fram. Då det karakteristiska värdet i genomsnitt överskrider en gång under en femtioårsperiod utfördes detta genom att ta fram det näst högsta värdet under perioden. Utöver det karakteristiska värdet togs i vissa fall även frekvent och kvasipermanent last fram. För det frekventa värdet togs det lastvärde fram som 1 % av lasterna under femtioårsperioden överskred. Det kvasipermanenta värdet erhöles genom att ta ett medelvärde av samtliga laster under perioden. Hur de olika lasterna togs fram i simuleringen gestaltas i figur 11.
6. En Monte Carlo-simulering utfördes med ett stort antal iterationer, för att få fram ett statistiskt bra värde på den karakteristiska, kvasipermanenta samt frekventa lasten. Lasterna från de olika femtioårsperioden sparades och ett medelvärde från de sparade lasterna utgjorde sedan de slutgiltiga lasterna. Ur dessa laster togs ψ_1 och ψ_2 fram genom att dividera det frekventa respektive det kvasipermanenta lastvärdet med den karakteristiska lasten.



Figur 11: Total nyttig last uppdelad i periodisk last och ihållande last. Lastkombinationer illustreras med horisontella linjer

4 Resultat och analys

Lastundersökningarna på de fyra kontoren skedde under februari och mars 2020. Totalt undersöktes 7 674 m^2 , fördelat på 219 rum. På samtliga kontor förutom Sweco tog det cirka två arbetsdagar för lastundersökningen. På Sweco krävdes längre tid då detta kontor användes för att ta fram standardvikter och ”typfall”. I detta avsnitt kommer resultaten från studien att presenteras. I det första delavsnittet, avsnitt 4.1, redovisas lasterna som togs fram vid undersökningen. I det andra delavsnittet, avsnitt 4.2, presenteras den nyttiga last som erhöles vid modelleringar i MATLAB. Lasten från undersökningarna i form av ihållande last, uttryckt i kN/m^2 , togs fram genom tre olika metoder, vilka är en väsentlig del av både avsnitt 4.1 och avsnitt 4.2. Dessa metoder benämns metod 1, metod 2 samt metod 3 och beskrivs nedan. I samtliga metoder användes ekvation 2 samt ekvation 1 för att ta fram medelvärde respektive standardavvikelse, se avsnitt 2.3.

För metod 1 och 2 användes endast sju mätdatavärden när medelvärdet och standardavvikelsen togs fram. Dessa mätdata motsvarade en medellast från respektive undersökt kontor eller våningsplan. Denna last togs fram på olika sätt för de olika metoderna. För metod 1 dividerades först lasten från respektive rum med rummets area. De framtagna lasterna summerades för alla undersökta rum på ett visst kontor eller ett visst våningsplan. Därefter dividerades den summerades lasten med antalet rum på kontoret eller våningsplanet, vilket gav ett mätdatavärde per kontor eller plan. De olika mätdatavärdena redovisas i tabell 5. För metod 2 summerades lasten för samtliga undersökta rum på ett kontor eller våningsplan, och resultatet dividerades sedan med den totala undersökta arean. Detta gav ett mätdatavärde per kontor eller våningsplan. Även dessa mätdatavärden redovisas i tabell 5.

För metod 3 användes ett mätdatavärde per rum när medelvärdet och standardavvikelsen togs fram. Det totala antalet mätdatavärden blev därför 219. Värdena togs fram genom att dividera den framtagna lasten i rummet med rummets area.

4.1 Resultat av undersökning på kontor

I detta avsnitt presenteras resultaten, i form av ihållande samt periodisk last, som erhöles vid de utförda lastundersökningarna. När det gäller den ihållande lasten bestod denna av två delar, personlasten samt lasten från möbler och inredning. I undersökningen utgjorde personlasten 11 % av den totala ihållande lasten, och lasten från möbler och inredning utgjorde resterande 89 %.

Resultaten i form av ihållande last för metod 1 och 2 presenteras i tabell 5. I tabellen syns det att metod 2 gav en större utbredd last än metod 1 i samtliga fall förutom när Avensia undersöktes. Oavsett vilket plan som åsyftas hade Tyréns lägst last och denna var 0,204 – 0,215 kN/m^2 för metod 1 och 0,273 – 0,275 kN/m^2 för metod 2. FOJAB hade högst last, 0,384 kN/m^2 för metod 1 och 0,408 kN/m^2 för metod 2. Majoriteten av dessa resultat är mindre än de som erhöles vid tidigare studier som inkluderade personlast och som redovisades i tabell 2 avsnitt 2.5.7. Vid de tidigare undersökningarna varierade lasten mellan 0,334 – 0,736 kN/m^2 . I tabell 5 syns ingen signifikant tendens

till minskning av lasten desto högre upp i byggnaden våningen ligger. Detta resultat erhöll även Culver (1976) och Kumar (2002), som kom fram till att byggnadens höjd inte påverkar storleken på den nyttiga lasten.

Tabell 5: *Ihållande last från lastundersökning*

	Metod 1 [kN/m^2]	Metod 2 [kN/m^2]
Sweco plan 6	0,253	0,318
Sweco plan 7	0,235	0,281
Tyréns plan 1	0,215	0,275
Tyréns plan 2	0,210	0,273
Tyréns plan 3	0,204	0,273
Avensia	0,303	0,255
FOJAB	0,384	0,408

En jämförelse av den ihållande lasten för de olika rumstyperna kan ses i tabell 6. För de sju översta rumstyperna undersöktes ett flertal rum, i samtliga fall 13 eller fler. För resterande rumstyper undersöktes endast ett eller två rum. I jämförelsen användes enbart metod 3, då det ansågs finnas för lite mätdata för att en jämförelse mellan de olika kontoren skulle vara aktuell. Med tanke på antalet mätdata var det inte heller aktuellt att beräkna någon standardavvikelse för de rumstyper där endast ett eller två rum undersöktes. Av de vanligt förekommande rummen var kopieringsrummen de som gav i särklass störst last, $0,493 kN/m^2$. Den minsta lasten återfanns i WC-rum samt WC-rum med kombinerat kapprum där lasten blev $0,127 kN/m^2$. För de ovanligare rumstyperna gav modellverkstaden på FOJAB störst last och blev $0,979 kN/m^2$. Aktivitetsrum gav lägst last, $0,087 kN/m^2$. Även vilorum gav en mycket låg last, $0,098 kN/m^2$. Culver (1976) kom fram till att rummen med störst last var bibliotek, förråd samt arkiveringsrum. Även Andam (1986) kom fram till att förråd hade störst ihållande last. Dessa typer av rum fanns inte i de kontor som undersöktes i denna studie. Å andra sidan är det troligt att kopieringsrum inte fanns i kontoren som undersöktes av Culver och Andam på 70- samt 80-talet.

Tabell 6: Medellasten för de olika rumstyperna

Rumstyp	Metod 3 [kN/m^2]	Standardavvikelse [kN/m^2]
Kontorslandskap/flexikontor	0,374	0,139
Samtalsrum	0,229	0,162
Mötesrum	0,204	0,184
Kopiering	0,493	0,731
Kontorsrum	0,242	0,115
WC/WC+kapprum	0,127	0,072
Öppen yta/lounge	0,222	0,110
VR-rum+förvaring	0,511	-
Modellverkstad	0,979	-
Lunchrum	0,320	-
Vilorum	0,098	-
Aktivitetsrum	0,087	-
Reception	0,129	-
Kök	0,584	-

Utöver rumstypsindelningen gjordes även en indelning med avseende på area. Precis som i föregående jämförelse användes endast metod 3, då det saknades tillräcklig mängd mätdata för att en jämförelse mellan de olika kontoren skulle anses vara aktuell. Resultatet från denna indelning kan ses i tabell 7. Vid jämförelsen framgick det att den ihållande lasten per kvadratmeter golvyta blev större för de större areorna. Detta resultat skiljer sig från Sentlers (1974) laststudie, där det framkom att kontorsrummen med stor golvyta hade lägre last per kvadratmeter än vad de mindre kontorsrummen hade. Culver (1976) och Andam (1986) kom precis som Sentler fram till att den nyttiga lasten per kvadratmeter golvyta minskade med ökande area. Culver (1976) skrev dock att förhållandet var det motsatta för ett antal olika rumstyper. Kumar (2002) undersökte hur kontorsdelarnas rumsstorlek påverkade storleken på den ihållande lasten. I studien av Kumar kunde inte lika tydliga tendenser uppfattas som i övriga undersökningar. I tabell 7 illustreras att för denna studie var standardavvikelsen ungefär samma för de medelstora rummen, men skiljde sig markant för areor under $10 m^2$ samt för areor över $100 m^2$. För de små areorna var standardavvikelsen högre än för resterande areor, och för de stora areorna var den lägre.

Tabell 7: Medellasten för de olika rumsareorna

Area [m^2]	Metod 3 [kN/m^2]	Standardavvikelse [kN/m^2]
< 10	0,242	0,497
10 – 20	0,242	0,197
20 – 40	0,241	0,205
40 – 100	0,331	0,199
> 100	0,346	0,080

I tabell 8 visas en sammanställning av de periodiska laster som togs fram utifrån Swecos kontor i Malmö. Dessa laster kan jämföras mot tabell 4 i avsnitt 2.5.9, där ett antal periodiska lastfall presenterades av CIB (1989). I tabell 8 nedan motsvarar fall 1 när ett stort antal personer samlas i ett större mötesrum. Fall 2 innebär att flera personer samlas i ett mindre mötesrum, även kallat samtalsrum. Fall 1 och fall 2 gav en periodisk last på $0,863 \text{ kN/m}^2$ respektive $0,589 \text{ kN/m}^2$. Detta kan jämföras mot CIB som erhöll en last på $0,49 \text{ kN/m}^2$ vid ansamling av personer. Fall 3 motsvarar ett utrymningsscenario, där ett stort antal personer samlas i en korridor. Detta scenario gav lasten $1,120 \text{ kN/m}^2$, vilket kan jämföras mot utrymningsfallet som presenterades av CIB där lasten blev $1,24 \text{ kN/m}^2$. De två sista fallen, fall 4 respektive 5, motsvarar förflyttning av möbler. Fall 4 innebär att alla möbler i ett kontorslandskap flyttas 1,5 m in från väggarna. Fall 5 representerar situationen när alla möbler från ett kontorslandskap flyttas till ett annat kontorslandskap. Den periodiska lasten blev $0,427 \text{ kN/m}^2$ för fall 4 och $0,606 \text{ kN/m}^2$ för fall 5. För renoveringsscenariot erhöll CIB ett lastvärde på $0,41 \text{ kN/m}^2$.

För att ta fram medelvärdet samt standardavvikelsen för den periodiska lasten skedde en viktning, där de vanligt förekommande periodiska lasterna viktades högst. För att erhålla jämna tal multiplicerades förekomstfrekvensen med 12, vilket totalt gav 224 "vikter" som vardera fick representera ett mätvärde när medelvärdet och standardavvikelsen togs fram. Den periodiska lasten som togs fram med denna metod blev $0,680 \text{ kN/m}^2$, med en standardavvikelse på $0,137 \text{ kN/m}^2$. Det periodiska lastvärdet blev större än motsvarande lastvärden som presenterades av både CIB (1989) och Ruiz & Soriano (1997) i avsnitt 2.5, där de blev mellan $0,21 - 0,38 \text{ kN/m}^2$. Standardavvikelsen blev däremot mindre än vad CIB (1989) erhöll, $0,39 \text{ kN/m}^2$. En genomsnittlig lastvaraktighet räknades ut genom att ta hänsyn till både lastvaraktighet samt förekomstfrekvens för respektive last. Den genomsnittliga lastvaraktigheten blev ganska exakt 1 dag, närmare bestämt 1,031 dagar.

Tabell 8: Periodisk last

Fall	Area [m^2]	Lastvaraktighet [d]	Förekomstfrekvens [$ggr/år$]	Periodisk last [kN/m^2]	Vikt
1	29,3	0,167	6	0,863	72
2	5,2	0,042	12	0,589	144
3	17,1	0,010	0,167	1,120	2
4	39,9	14	0,25	0,427	3
5	73,4	14	0,25	0,606	3

I tabell 9 redovisas framtagna medelvärden och standardavvikelser för metod 1, metod 2 samt metod 3. I denna tabell redovisas även medelvärde och standardavvikelse för den periodiska lasten. Värdena i tabellen användes i hög grad som indata när modelleringen utfördes, se kommande avsnitt, avsnitt 4.2.

Tabell 9: Medelvärde och standardavvikelse för metod 1, 2 och 3 samt periodisk last

	Medelvärde [kN/m^2]	Standardavvikelse [kN/m^2]
Metod 1	0,260	0,070
Metod 2	0,303	0,062
Metod 3	0,262	0,186
Periodisk last	0,680	0,137

4.2 Resultat av probabilistiska simuleringar

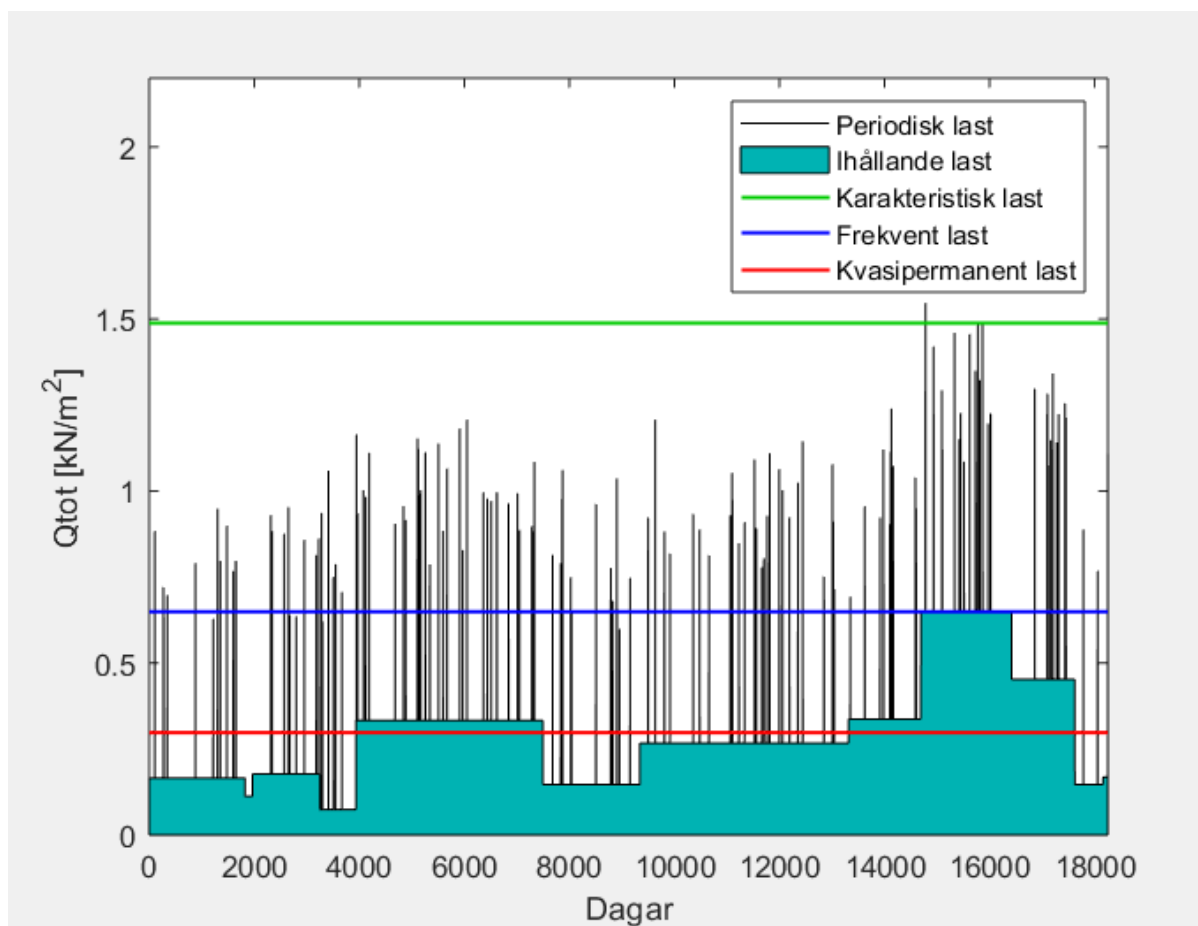
I detta avsnitt kommer den karakteristiska lasten, det vill säga 50-årslasten, redovisas för ett antal simuleringar gjorda i MATLAB. Vid studien genomfördes drygt 100 olika simuleringar, med minst 200 000 iterationer vardera, för att Monte Carlo-simuleringen skulle bli så tillförlitlig som möjligt. I ett urval av simuleringarna gjordes en kontroll där medelvärdet av utdatan från den ihållande och den periodiska lasten kontrollerades mot respektive inmatade medellaster. Nedan presenteras ett urval av de simuleringar som genomfördes.

I tabell 10 presenteras resultaten från ett antal simuleringar baserade på de tre olika metoderna. Om resultatet jämförs mot de värden som återfinns i dimensioneringsnormerna (SS-EN 1990, 2002) är lasterna låga, vilket analyseras vidare i avsnitt 5, diskussion. Indatan till den ihållande lasten varierade med de olika metoderna, och återfinns i tabell 9 tillsammans med den periodiska lasten. Samtliga metoder analyserades för tre olika fall, då den periodiska lasten var varaktig i en dag, två dagar respektive tre dagar. För den karakteristiska lasten visar resultatet att lastvaraktigheten på den periodiska lasten inte hade någon betydelse. Av de olika metoderna gav metod 3 den största lasten, $1,48 kN/m^2$. Metod 1 gav en last på $1,33 kN/m^2$ och metod 2 gav en last på $1,37 kN/m^2$. Utöver den karakteristiska lasten togs även den frekventa samt den kvasipermanenta lasten fram. I samband med framtagning av dessa erhöles även ψ_1 och ψ_2 . I tabell 10 ses att den frekventa lasten, och därmed även ψ_1 , ökar med ökande periodisk lastvaraktighet. Ökningen är mest markant mellan en och två dagars periodisk lastvaraktighet. För ψ_2 och den kvasipermanenta lasten är den periodiska lastvaraktighetens inverkan minimal.

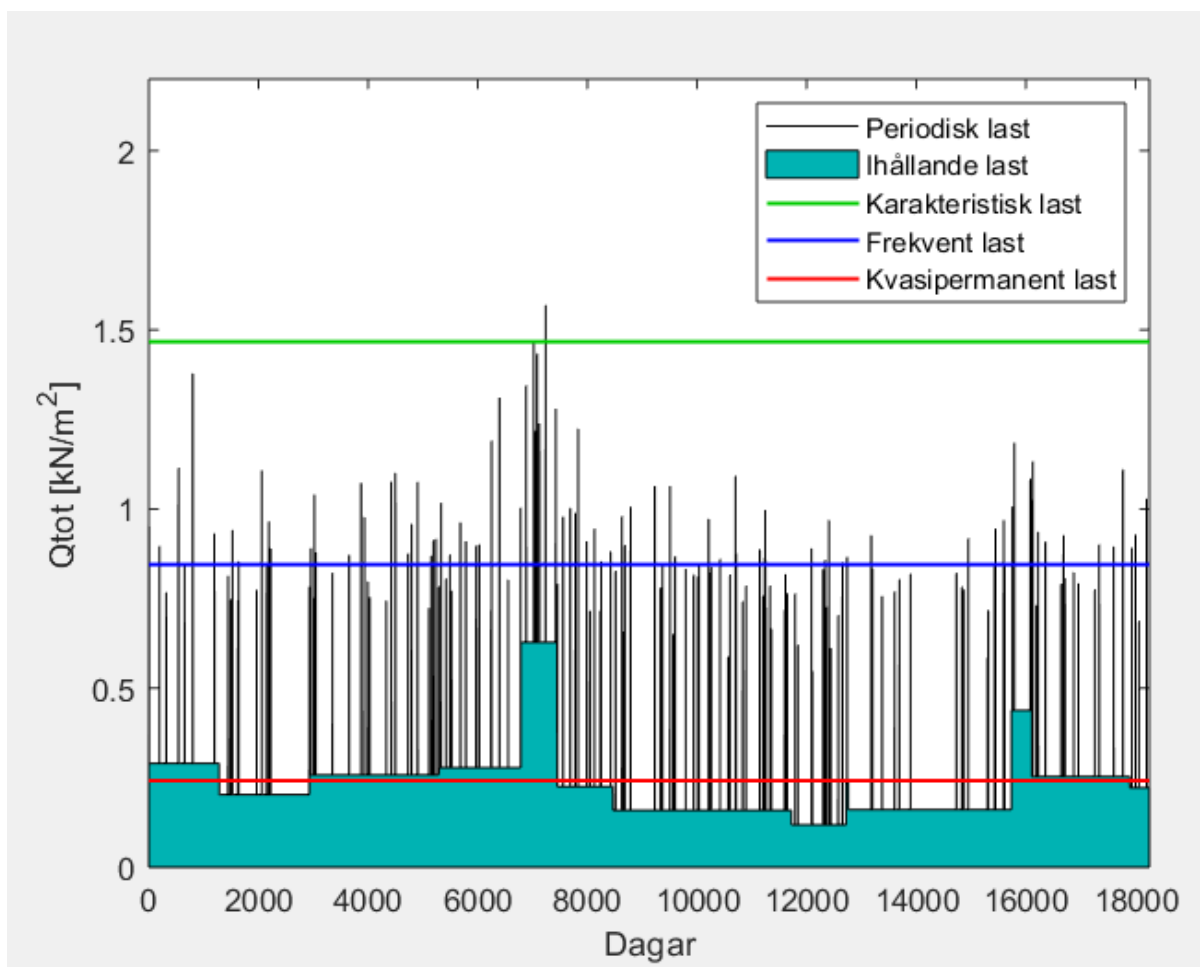
I figur 12 respektive 13 presenteras lastnivåerna när den ihållande lasten erhålls med hjälp av metod 3. I figur 12 är den periodiska lastvaraktigheten en dag och i figur 13 är den två dagar. Karakteristisk, frekvent samt kvasipermanent last visas genom horisontella linjer i grönt, blått, respektive rött. Observera att bilderna visar en slumpmässig 50-årsperiod vilket gör att resultatet skiljer sig något från det som presenteras i tabell 10. Om figurerna jämförs är det tydligt att den frekventa lasten påverkas mer av den maximala ihållande lasten när den periodiska lastvaraktigheten är en dag. Med en förekomstfrekvens på 3,3 gånger per år och en periodisk lastvaraktighet på en dag är en periodisk last närvarande i genomsnitt 3,3 dagar per år. Detta motsvarar 0,9 % av alla dagar. Då den frekventa lasten är den last som överskrids 1 % av tiden medför detta att den största ihållande lasten blir dimensionerande för det frekventa lastvärdet. När den periodiska lastvaraktigheten istället är två dagar sker en periodisk last i genomsnitt 1,8 % av alla dagar, vilket gör att den periodiska lasten får större betydelse för den frekventa lasten.

Tabell 10: Olika lastkombinationer

Metod	Varaktighet periodisk last	Karakteristisk last [kN/m^2]	Frekvent last [kN/m^2]	Kvasiper. last [kN/m^2]	ψ_1	ψ_2
1	1 dag	1,33	0,41	0,27	0,31	0,20
1	2 dagar	1,33	0,91	0,27	0,69	0,21
1	3 dagar	1,33	0,98	0,28	0,74	0,21
2	1 dag	1,37	0,44	0,31	0,32	0,23
2	2 dagar	1,37	0,95	0,32	0,70	0,23
2	3 dagar	1,37	1,02	0,32	0,75	0,24
3	1 dag	1,48	0,62	0,27	0,42	0,18
3	2 dagar	1,48	0,90	0,27	0,61	0,18
3	3 dagar	1,48	1,00	0,28	0,67	0,19



Figur 12: Total nyttig last för metod 3 med en periodisk lastvaraktighet på en dag



Figur 13: Total nyttig last för metod 3 med en periodisk lastvaraktighet på två dagar

Resultatet från simuleringarna för de olika rumstyperna redovisas i tabell 11. Indatan för simuleringarnas ihållande last redovisades i tabell 6 och för den periodiska lasten redovisades indatan i tabell 9. För WC/WC+kapprum erhöles den lägsta lasten, där den blev $1,20 \text{ kN/m}^2$. Den högsta lasten återfanns i kopieringsrum och blev $2,77 \text{ kN/m}^2$.

Tabell 11: Karakteristisk nyttig last för olika rumstyper

Rumstyp	Varaktighet periodisk last	Karakteristisk last [kN/m^2]
Kontorslandskap/flexikontor	1 dag	1,52
Samtalsrum	1 dag	1,42
Mötesrum	1 dag	1,43
Kontorsrum	1 dag	1,36
WC/WC+kapprum	1 dag	1,20
Öppen yta/lounge	1 dag	1,34
Kopiering	1 dag	2,77

Simuleringarna som gjordes för olika areor presenteras i tabell 12 och resultatet varierade från $1,42 \text{ kN/m}^2$ till $2,06 \text{ kN/m}^2$ när lastvaraktigheten för den periodiska lasten var en dag. Indatan till den periodiska lasten var precis som innan $0,680 \text{ kN/m}^2$ och $0,137 \text{ kN/m}^2$ för medelvärdet respektive standardavvikelsen, se tabell 9. I tabell 7 återfinns information om indatan till den ihållande lasten som användes i simuleringen. På areor större än 100 m^2 erhöles den karakteristiska lasten $1,42 \text{ kN/m}^2$ och den var därmed som lägst för dessa areor. Den högsta karakteristiska lasten återfanns för areor mindre än 10 m^2 . Det karakteristiska lasten blev då $2,06 \text{ kN/m}^2$.

Tabell 12: Karakteristisk nyttig last för olika areor

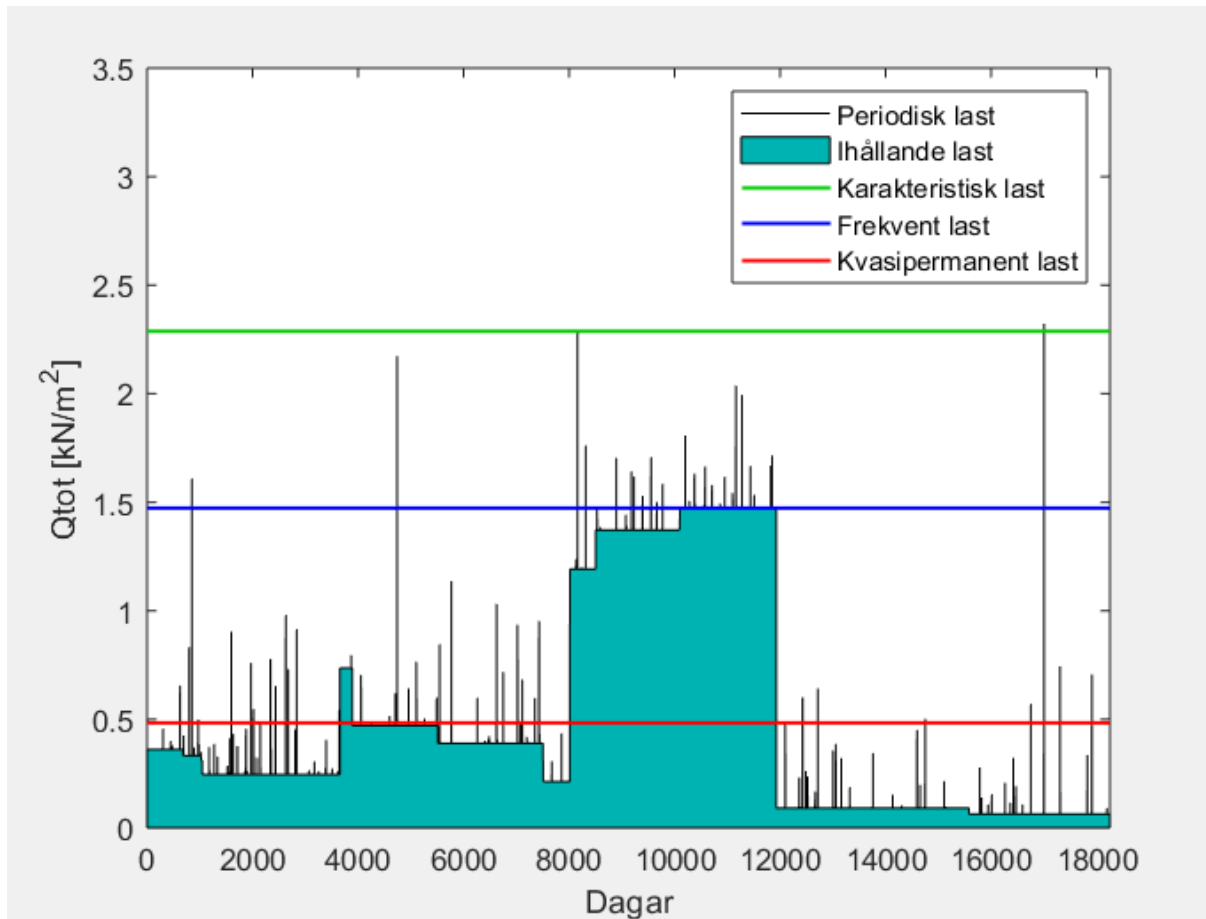
Area [m^2]	Varaktighet periodisk last	Karakteristisk last [kN/m^2]
< 10	1 dag	2,06
10 – 20	1 dag	1,49
20 – 40	1 dag	1,50
40 – 100	1 dag	1,57
> 100	1 dag	1,42

Från JCSS (2001) värden i tabell 1 gjordes fem olika simuleringar där arean, A , κ och varaktigheten på den periodiska lasten varierades. Variansen för den ihållande och periodiska lasten erhöles från ekvation 10 respektive ekvation 12, som presenterades i avsnitt 2.3. De undersökta rummens medelarea var $35,04 \text{ m}^2$ och därmed användes detta värde på A i tre av simuleringarna. I två av simuleringarna sattes A till 20 m^2 , då detta gav störst varians och därmed en maximal karakteristisk last. Värdet på κ sattes i de flesta simuleringarna till 1 då det är ett rimligt värde för lastundersökningar, se avsnitt 2.4.1. Resultatet kan ses i tabell 13. När arean var $35,04 \text{ m}^2$ blev den karakteristiska lasten $2,38 \text{ kN/m}^2$ och den maximala lasten $4,01 \text{ kN/m}^2$ uppnåddes när arean $A = 20 \text{ m}^2$ och $\kappa = 2$. Simuleringar baserade på JCSS värden har även utförts av Honfi (2014) och då erhöles ett värde på $3,6 \text{ kN/m}^2$ på den karakteristiska lasten när $\kappa = 2$ och arean var 20 m^2 , vilket redovisades i avsnitt 2.5.10. Resultatet tyder på viss skillnad i tolkning av lastmodell. Daniel Honfis tolkning gav därmed lägre karakteristiska laster än de tolkningar som gjordes i denna studie. När det gäller ψ_1 och ψ_2 blev storleken på dessa relativt nära 0,5 respektive 0,3, som är de värden Boverket (2019) och SS-EN 1990 (2002) presenterar. Honfi (2014) fick ett värde på cirka 0,9 vid framtagning av ψ_1 , vilket är långt ifrån 0,5. Däremot fick Honfi intervallet 0,1 – 0,29 på ψ_2 , vilket är i närheten av 0,3. I tabell 13 syns det att den periodiska lastens varaktighet inte påverkade storleken på lasterna, och därmed inte heller ψ -faktorerna.

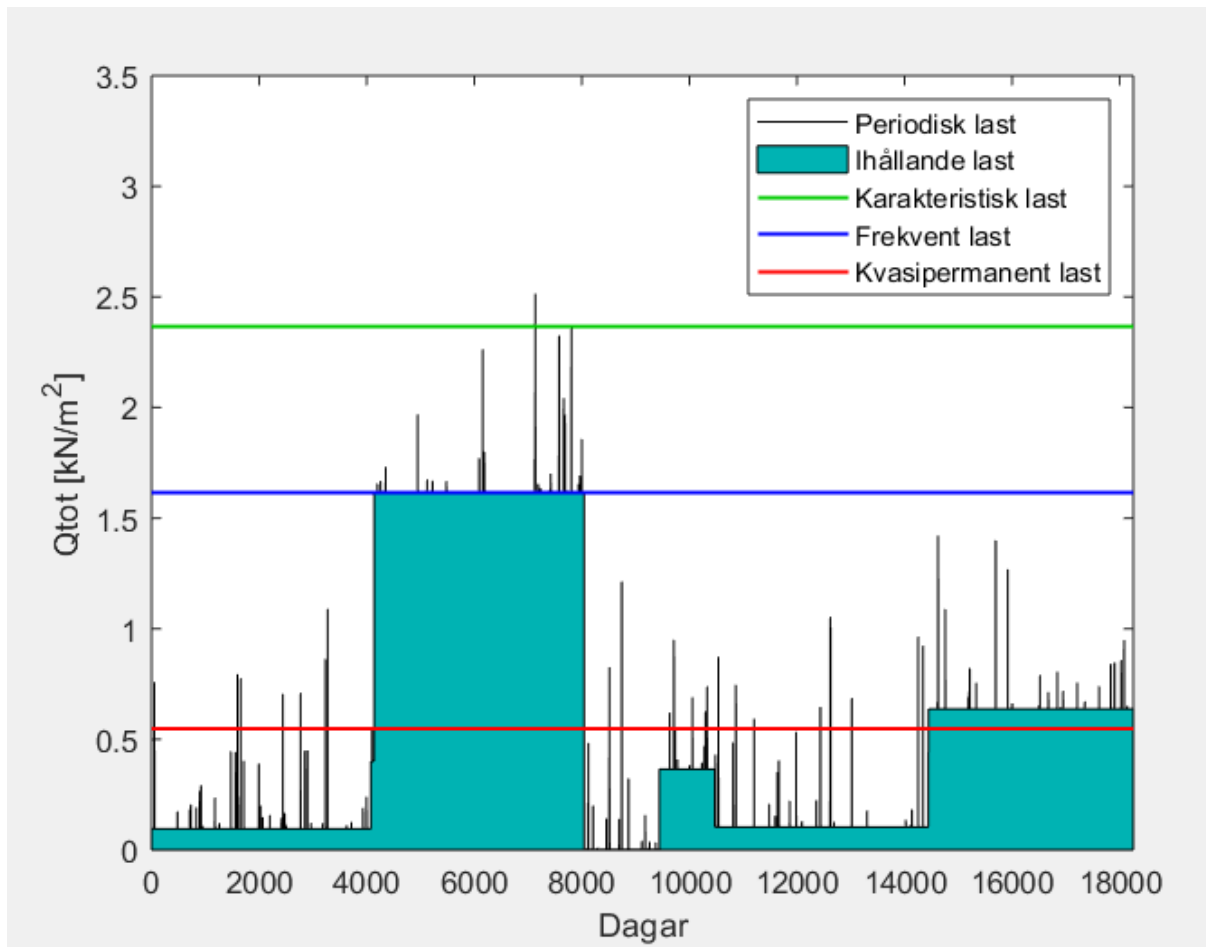
I figur 14 och figur 15 presenteras simuleringar baserade på JCSS värden för två slumpmässiga 50-årsperioder. I simuleringarna är arean $35,04 \text{ m}^2$ och κ är 1. Den periodiska lastvaraktigheten är en dag för figur 14 och två dagar för figur 15. Karakteristisk, frekvent samt kvasipermanent last visas genom horisontella linjer i grönt, blått, respektive rött.

Tabell 13: Olika lastkombinationer baserat på JCSS värden

A [m ²]	κ [-]	Varaktighet per. last	Karakter. last [kN/m ²]	Frekvent last [kN/m ²]	Kvasiper. last [kN/m ²]	ψ_1	ψ_2
20	1	1 dag	2,97	1,79	0,50	0,60	0,17
20	2	1 dag	4,01	2,24	0,50	0,56	0,13
35,04	1	1 dag	2,38	1,53	0,50	0,64	0,21
35,04	1	2 dagar	2,38	1,54	0,50	0,65	0,21
35,04	1	3 dagar	2,38	1,54	0,51	0,65	0,21



Figur 14: Total nyttig last för JCSS modell med en periodisk lastvaraktighet på en dag



Figur 15: Total nyttig last för JCSS modell med en periodisk lastvaraktighet på två dagar

För att kunna jämföra värdena från lastundersökningen med de som har erhållits vid tidigare studier gjordes simuleringar även med dessa värden som indata, och resultatet redovisas i tabell 14. I tabell 2, avsnitt 2.5.7, redovisades en sammanställning av tidigare undersökningar och genom att ta ett genomsnitt av medelvärdet och standardavvikelsen erhöles indata till den ihållande lasten. I tabellen finns två resultat från Sentler presenterade men endast resultatet som inkluderade personlast togs med när medelvärdet beräknades. Inte heller Culvers värde inkluderade personlasten, men då ingen information kring den framtagna personlasten i undersökningen fanns att tillgå användes detta ändå. Dessutom hade flera av de andra studierna gjort varierande gränsdragningar när det gäller vad som inkluderats i den nyttiga lasten, vilket medförde att det inte ansågs motiverat att exkludera Culvers lastvärde. Baserat på de tidigare undersökningarna blev medelvärdet på den ihållande lasten $0,479 \text{ kN/m}^2$, med en standardavvikelse på $0,255 \text{ kN/m}^2$. För den periodiska lasten användes det medelvärde, $0,38 \text{ kN/m}^2$, och den standardavvikelse, $0,39 \text{ kN/m}^2$, som presenterades av CIB (1989) i avsnitt 2.5.9. Simuleringarna gjordes genom att variera den periodiska lastens varaktighet. I tabell 14 åskådliggörs att den karakteristiska lasten blev $2,38 \text{ kN/m}^2$. Vid jämförelse med tabell 10 blir det påtagligt att de tidigare lastundersökningarna gav högre karakteristiska laster. I simuleringarna togs även de frekventa lasterna, de kvasipermanenta lasterna samt ψ_1 och ψ_2 fram. Värden på dessa presenteras i tabell 15.

De karakteristiska lasterna, de kvasipermanenta lasterna samt ψ_2 är oberoende av den periodiska lastvaraktigheten. Däremot ökar de frekventa lasterna samt ψ_1 något med ökande periodisk lastvaraktighet.

Tabell 14: Karakteristisk nyttig last baserat på undersökningar i avsnitt 2.5.7 Tidigare studier kring nyttiga laster

μ_{sus} [kN/m ²]	σ_{sus} [kN/m ²]	μ_{int} [kN/m ²]	σ_{int} [kN/m ²]	Varaktighet periodisk last	Karakteristisk last [kN/m ²]
0,479	0,255	0,38	0,39	1 dag	2,38
0,479	0,255	0,38	0,39	2 dagar	2,38
0,479	0,255	0,38	0,39	3 dagar	2,38

Tabell 15: Olika lastkombinationer baserat på tidigare undersökningar

Varaktighet periodisk last	Karakteristisk last [kN/m ²]	Frekvent last [kN/m ²]	Kvasipermanent last [kN/m ²]	ψ_1	ψ_2
1 dag	2,38	0,93	0,48	0,39	0,20
2 dagar	2,38	0,95	0,49	0,40	0,20
3 dagar	2,38	1,01	0,49	0,42	0,21

Då CIB (1989) redovisade både en karakteristisk, ihållande samt periodisk last ansågs det intressant att utföra simuleringar baserade enbart på CIB:s indata, för att jämföra de karakteristiska lasterna. Indatan presenterades i avsnitt 2.5.9 och sattes till 0,52 kN/m² för den ihållande lasten och 0,38 kN/m² för den periodiska lasten. Standardavvikelsen för den ihållande lasten var 0,28 kN/m² och för den periodiska var den 0,39 kN/m². Den periodiska lastens varaktighet varierades, och utöver den karakteristiska lasten togs även den frekventa lasten, den kvasipermanenta lasten samt ψ_1 och ψ_2 fram. Resultatet presenteras i tabell 16 och de karakteristiska lasterna i denna tabell kan jämföras mot CIBs värde på 2,64 kN/m². Resultatet gav en last i närheten av CIBs värde, vilket tyder på en förhållandevis korrekt tolkning av CIBs lastmodell. Både den karakteristiska lasten samt ψ -faktorerna stämmer bra överens med de värden som presenteras av Boverket (2019). Resultatet illustrerar att både den karakteristiska och den kvasipermanenta lasten är oberoende av den periodiska lastvaraktigheten. Den frekventa lasten blir större när den periodiska lastvaraktigheten ökar, men skillnaden är liten.

Tabell 16: Simuleringar baserade på indata från CIB (1989)

Varaktighet periodisk last	Karakteristisk last [kN/m ²]	Frekvent last [kN/m ²]	Kvasiper. last [kN/m ²]	ψ_1	ψ_2
1 dag	2,44	1,02	0,52	0,42	0,21
2 dagar	2,44	1,03	0,53	0,42	0,22
3 dagar	2,44	1,08	0,53	0,44	0,22

Om standardavvikelserna för de uppmätta värdena jämförs mot övriga studier som presenterades tidigare i rapporten, blir det tydligt att standardavvikelserna i denna laststudie blev låga. För den ihållande lasten angav JCSS en standardavvikelse på cirka $0,6 \text{ kN/m}^2$ beroende på area och κ . De tidigare lastundersökningarna, se tabell 2, har i genomsnitt en standardavvikelse på $0,255 \text{ kN/m}^2$. Metod 2, som gav störst medelvärde av de tre metoderna som togs fram i denna studie, har en standardavvikelse på $0,062 \text{ kN/m}^2$. Metod 3, som har störst standardavvikelse av de tre metoderna, har en standardavvikelse på $0,186 \text{ kN/m}^2$, se tabell 9. När det gäller standardavvikelsen som erhöles för den periodiska lasten i den här studien skiljer sig även denna från andra studier. JCSS angav en standardavvikelse på cirka $0,4 \text{ kN/m}^2$ beroende på arean samt κ och CIB (1989) redovisade en standardavvikelse på $0,39 \text{ kN/m}^2$. Standardavvikelsen som togs fram i denna undersökning kan ses i tabell 9 och låg på $0,137 \text{ kN/m}^2$. För att undersöka hur stor inverkan standardavvikelsen har på resultatet gjordes ett antal simuleringar där lastundersökningens standardavvikelser ersattes med de från JCSS eller de från tidigare undersökningar. Medelvärden för lasterna togs från avsnitt 4.1, och lastvaraktigheten för den periodiska lasten sattes till en dag. Resultatet från simuleringarna redovisas i tabell 17. I tabellen syns det att en maximal ändring av standardavvikelsen inom rimliga intervall ger en lastökning på 55 – 70 %.

Tabell 17: Karakteristisk nyttig last med olika standardavvikelser

Metod	Indata standardavvikelse ihållande last	σ_{sus} [kN/m^2]	Indata standardavvikelse periodisk last	σ_{int} [kN/m^2]	Karakter. last [kN/m^2]
2	Uppmätta värden	0,062	Uppmätta värden	0,137	1,37
2	JCSS, $\kappa = 1$, $A=35,04 \text{ m}^2$	0,544	Uppmätta värden	0,137	2,22
2	Tidigare studier	0,255	Uppmätta värden	0,137	1,64
2	Uppmätta värden	0,062	JCSS, $\kappa = 1$, $A=35,04 \text{ m}^2$	0,302	1,90
2	Tidigare studier	0,255	Tidigare studier	0,39	2,33
3	Uppmätta värden	0,186	Uppmätta värden	0,137	1,48
3	JCSS, $\kappa = 1$, $A=35,04 \text{ m}^2$	0,544	Uppmätta värden	0,137	2,17
3	Tidigare studier	0,255	Uppmätta värden	0,137	1,61
3	Uppmätta värden	0,186	JCSS, $\kappa = 1$, $A=35,04 \text{ m}^2$	0,302	1,93
3	Tidigare studier	0,255	Tidigare studier	0,39	2,29

I avsnitt 2.4.2 nämndes att JCSS (2001) anser att den periodiska lasten skulle kunna beskrivas med en exponentialfördelning istället för en gammafördelning. I tabell 18 redovisas ett antal simuleringar där den ihållande lasten har en gammafördelning samtidigt som den periodiska lasten har en exponentialfördelning. I tabellen presenteras även värden på den kvasipermanenta lasten, den frekventa lasten samt ψ_1 och ψ_2 . De karakteristiska lasterna skiljer sig från de som redovisades i tabell 10, där både den periodiska och den ihållande lasten beskrevs med en gammafördelning. När den periodiska lasten beskrevs med en exponentialfördelning istället för en gammafördelning blev lasten mer än dubbelt så stor, den ökade från cirka 1,4 kN/m^2 till cirka 3,5 kN/m^2 . När det gäller ψ -faktorerna, blev dessa mycket låga. När tabell 18 jämförs mot tabell 10 syns det att de kvasipermanenta lasterna blev identiska. Även de frekventa lasterna blev lika, men var något mindre i tabell 18. Fördelningarnas inverkan på lastvärdena diskuteras vidare i diskussionen, avsnitt 5.

Tabell 18: Karakteristisk nyttig last för metod 1,2 och 3 med exponentialfördelning

Metod	Varaktighet periodisk last	Karakteristisk last [kN/m^2]	Frekvent last [kN/m^2]	Kvasiper. last [kN/m^2]	ψ_1	ψ_2
1	1 dag	3,45	0,38	0,27	0,11	0,08
1	2 dag	3,45	0,66	0,27	0,19	0,08
1	3 dag	3,44	0,94	0,28	0,27	0,08
2	1 dag	3,49	0,41	0,31	0,12	0,09
2	2 dagar	3,49	0,71	0,32	0,20	0,09
2	3 dagar	3,49	0,98	0,32	0,28	0,09
3	1 dag	3,47	0,61	0,27	0,18	0,08
3	2 dagar	3,47	0,73	0,27	0,21	0,08
3	3 dagar	3,47	0,97	0,28	0,28	0,08

I avsnitt 2.4.1 nämndes att CIB (1989) anser att en bra fördelning till den ihållande lasten är lognormalfördelningen, något som även Corotis och Doshi (1977) håller med om. Av den anledningen gjordes nio simuleringar där den ihållande lasten beskrevs med en lognormalfördelning och den periodiska lasten beskrevs med en gammafördelning. Varaktigheten på den periodiska lasten varierade från en dag till tre dagar beroende på simulering. Resultatet redovisas i tabell 19. Lasterna i dessa simuleringar blev högre än de som presenterades i tabell 10, men mindre än de som presenterades i tabell 18. Skillnaderna mellan de olika fördelningarna och orsaken till dessa skillnader analyseras mer ingående i diskussionen, avsnitt 5. ψ -faktorerna blev något höga jämfört med värdena som redovisas i Boverket (2019) och SS-EN 1990 (2002). Speciellt gäller detta ψ_2 . Storleken på de karakteristiska och kvasipermanenta lasterna är oberoende av varaktigheten på den periodiska lasten. För de frekventa lasterna syns en ökning med ökad lastvaraktighet.

Tabell 19: Karakteristisk nyttig last för metod 1,2 och 3 med lognormalfördelning

Metod	Varaktighet periodisk last	Karakteristisk last [kN/m^2]	Frekvent last [kN/m^2]	Kvasiper. last [kN/m^2]	ψ_1	ψ_2
1	1 dag	2,39	1,47	1,31	0,62	0,55
1	2 dagar	2,38	1,95	1,31	0,82	0,55
1	3 dagar	2,38	2,03	1,32	0,85	0,55
2	1 dag	2,44	1,52	1,36	0,62	0,56
2	2 dagar	2,43	2,01	1,37	0,82	0,56
2	3 dagar	2,43	2,08	1,37	0,85	0,56
3	1 dag	2,61	1,75	1,33	0,67	0,51
3	2 dagar	2,61	1,97	1,33	0,76	0,51
3	3 dagar	2,61	2,09	1,34	0,80	0,51

För att kontrollera hur känsligt resultatet från lastundersökningen var för förändringar utfördes en känslighetsanalys. I denna analys ökades personlasten genom att sätta antalet personer till lika många som antalet skrivbordsplatser i respektive rum. Detta innebar en ökning av personlasten med 124 %. Valet av känslighetsanalys hade två orsaker. Den första var att Tyréns kontor inte var fullbemannat. Med andra ord fanns det plats för ett stort antal fler kontorsarbetare. Den andra var att covid-19-utbrottet fick fäste i Sverige under undersökningsperioden, vilket innebar att fler personer än vanligt arbetade på distans. I känslighetsanalysen förändrades inte indatan till den periodiska lasten. Indatan till den ihållande lasten blev däremot högre och kan ses i tabell 20. Resultatet från simuleringarna presenteras i tabell 21. I denna tabell åskådliggörs att en personlastökning med 124 % medför en ökning av den karakteristiska lasten med 0,02 – 0,05 kN/m^2 , vilket motsvarar en ökning på 1,5 – 3,4 %.

Tabell 20: Medelvärde och standardavvikelse för metod 1, 2 och 3 med extra personlast

	Medelvärde [kN/m^2]	Standardavvikelse [kN/m^2]
Metod 1	0,292	0,061
Metod 2	0,348	0,062
Metod 3	0,294	0,199

Tabell 21: Karakteristisk nyttig last med och utan extra personlast

	Varaktighet periodisk last	Karakteristisk last med extra personlast [kN/m^2]	Karakteristisk last utan extra personlast [kN/m^2]
Metod 1	1 dag	1,35	1,33
Metod 2	1 dag	1,41	1,37
Metod 3	1 dag	1,53	1,48

5 Diskussion

Inledningsvis kan det konstateras att resultaten som har framkommit i denna studie är mycket varierande och starkt beroende på val av lastmodell. För att överskrida den karakteristiska last som anges i Eurokod och samtidigt modellera lasterna med en gammafördelning, krävs höga indatavärden. När indata från denna laststudie används i lastmodellen överskrids detta endast för kopieringsrum.

5.1 Diskussion kring lastundersökning

Vid modelleringen användes tre olika metoder för att ta fram indata till den ihållande lasten. Då metod 1 och 2 tog fram ett medelvärde för varje plan eller kontor och därmed viktade varje kontor eller plan lika anses inte dessa metoder lika tillförlitliga som metod 3, där varje rum istället fick lika stor viktning. En annan orsak till att metod 3 anses mer tillförlitlig är att utjämningseffekten som uppkommer vid stora undersökta areor reduceras. I metod 1 och 2, som har stor utjämnings-effekt, ”försvann” extremvärdena. Detta medförde att standardavvikelsen för metod 3 blev större än för metod 1 och 2. När det gäller utjämnings-effekten för metod 3 har rumsstorleken en stor påverkan. Då samtliga undersökta kontor helt eller delvis bestod av kontorslandskap, blev rumsindelningen i vissa fall fiktiv. I många fall fick ett kontorslandskap fungera som ett rum, men i vissa fall var kontorslandskapet så stort att rummet delades in i mindre delar. I denna studie var den genomsnittliga rumsarean $35,04 m^2$, vilket är större än de värden som återfanns i tidigare studier. Den genomsnittliga rumsarean i de tidigare studierna varierade mellan $20 - 33 m^2$. I vissa av de tidigare laststudierna definierades ingen genomsnittlig area, men med tanke på att cellkontor, åtminstone i Sverige, var betydligt vanligare än kontorslandskap under 70-, 80- samt 90-talet, är det rimligt att anta att den genomsnittliga rumsarean var lägre än $35,04 m^2$ även i dessa kontor. Denna skillnad kan vara en orsak till varför standardavvikelsen för metod 3 i denna undersökning blev lägre än motsvarande standardavvikelse i de tidigare lastundersökningarna.

Lastundersökningen visade att av de undersökta kontoren belastades Tyréns med den lägsta lasten, och FOJAB belastades med den högsta. Detta åskådliggörs i tabell 5. Den låga lasten på Tyréns berodde på belägningsgraden, som vid lastundersökningstillfället var låg. En uppskattning är att den nyttiga lasten på Tyrénkontoret hade legat på samma nivå som för Sweco om belägningsgraden hade varit nära 100 %, då dessa kontor var mycket lika. FOJABs höga last har främst sitt ursprung i ett antal olika bygg- och inredningsmaterial som fanns på kontoret. Bland annat fanns samlingar med kakelplattor och tegelstenar, samt en stor mängd tygprover. Resultatet tyder på att kontorstypen har en viss påverkan på den nyttiga lasten, något som även Sentler (1974) konstaterade, se avsnitt 2.5.1. Vid en jämförelse mellan tabell 2 och tabell 5 kan det ses att FOJAB var det enda kontor där det uppmätta lastvärdet blev större än värdet från någon tidigare studie. När de olika medelvärdena från lastundersökningen, som presenterades i tabell 9, jämförs med de tidigare studierna i tabell 2, syns det att denna lastundersökning gav ett lägre värde än samtliga tidigare studier. Resultatet tyder på att den nyttiga lasten har minskat. Något som är intressant i sammanhanget är huruvida lastminskningen har

sitt ursprung från personlasten, från möbler och inredning eller en kombination av båda. I denna studie utgjorde personlasten 11 % av den ihållande lasten. I de flesta tidigare studier redovisades inte personlasten och lasten från möbler separat. Detta gjordes dock av Kumar (2002) och Andam (1986). I studien av Kumar redovisades en personlast på 30,5 % av den totala ihållande lasten. Andam fick fram en ihållande last på $0,334 \text{ kN/m}^2$, och i genomsnitt utgjorde personlasten $0,074 \text{ kN/m}^2$. Detta motsvarar 22,2 % av den ihållande lasten. Resultatet visar att personlasten procentuellt har minskat med tiden. Detta är intressant då den genomsnittliga vikten per person är högre i denna studie än i tidigare lastundersökningar. Dessutom visade litteraturstudien att yteffektiviteten, det vill säga att ha en liten kontorsyta per anställd, blir allt viktigare i dagens kontor. Målet med yteffektivitet motstrider därför resultatet från denna studie. En orsak till detta kan vara att många på företagen arbetade på distans, vilket inte var lika lätt före sekelskiftet. Utbrottet av covid-19 medförde dessutom fler distansarbetande anställda på många företag än vid normala förhållanden.

När det gäller den periodiska lasten finns en hel del osäkerheter. För det första är det svårt att definiera vad som räknas till en periodisk last. Inga källor sätter några gränser när det gäller hur stor last, eller hur kort varaktighetstid som krävs för att en last ska räknas som periodisk. För det andra är den periodiska lasten mycket svår att mäta, och beror på flera antaganden. Dessa antaganden gäller både lastens storlek, förekomstfrekvens samt varaktighetstid. För att få fram en periodisk last med bra vetenskaplig grund hade det krävts en mätning som skedde under en lång tidsperiod. Tidsbegränsningen gjorde att detta inte var möjligt att genomföra, utan en förenklad metodik fick användas. De enda källorna som återfanns där den periodiska lasten hade undersökts var CIB (1989) samt Ruiz och Soriano (1997). CIB presenterade ett fåtal källor där den periodiska lasten hade undersökts mer eller mindre noggrant, men även här togs problematiken upp när det gäller den begränsade mängden information som finns om den periodiska lasten. Källorna som CIB presenterade kunde ej tillhandahållas, vilket gjorde det svårt att fastställa tillförlitligheten i dessa studier. Sammanfattningsvis är det tydligt att fler studier behövs kring den periodiska lasten och dess storlek i kontorshus, då de studier som finns har sitt ursprung i gissningar och antaganden.

I denna rapport användes fem olika fall för att representera den periodiska nyttiga lasten. Två av dessa fall gällde ansamling av personer, två gällde stapling av möbler och det sista gällde nödutrymning. Fallen valdes då de togs upp som exempel på periodiska laster i både CIB (1989) och JCSS (2001). Osäkerheterna är dock många. Undersökningen av de olika "fallen" baserades på ett kontor, Sweco. Dessutom var det mycket svårt att veta hur länge samt hur ofta de olika fallen inträffade, vilket innebar att varaktighetstiden och förekomstfrekvensen uppskattades utan någon nämnvärd vetenskaplig grund. Utifrån de fem fallen togs en gemensam periodisk last fram, med tillhörande standardavvikelse. Detta utfördes genom en viktning, där vanligt förekommande lastfall viktades högre. Metoden användes då den ansågs ge ett mer rimligt resultat än att alla fallen viktades lika. Viktningen orsakade dock en lägre standardavvikelse än vad som har erhållits vid tidigare studier.

Utöver den periodiska lastens osäkerheter finns även ett antal osäkerheter för den ihållande lasten. Först och främst ger Eurokods definition av nyttig last rum för egna gränsdragningar. Exempelvis ger definitionen av en flyttbar skiljevägg utrymme för tolkning. Det är tydligt att en icke bärande innervägg räknas som en skiljevägg, men räknas den som en flyttbar skiljevägg? Det är också svårt att veta om hyllor, tavlor och annat som hänger på icke bärande innerväggar ska definieras som en nyttig last. Även tidigare studier har gjort olika tolkningar när det gäller vad som ingår i den nyttiga lasten, dock utfördes dessa studier innan Eurokods dimensioneringsnormer hade upprättats. En annan osäkerhet när det gäller den ihållande lasten handlar om personlasten. När denna togs fram räknades antalet personer i respektive rum vid två tillfällen under arbetstid. Medelvärde av antalet personer utgjorde sedan personlasten för den ihållande lasten. Något som inte beaktades i detta tillvägagångssätt var att personlasten är obefintlig, eller åtminstone mycket liten, utanför arbetstid. Med tanke på att personlasten endast utgjorde 11 % av den totala ihållande lasten anses dock påverkan på den karakteristiska lasten vara minimal. För att ta fram personlasten i lastundersökningen antogs en vikt på 78 kg. Denna vikt baserades på en undersökning framtagen av Statistiska Centralbyrån (2018). Precis som när det gäller den nyttiga lasten, har personvikten en statistisk fördelning. Ett viktigt begrepp relaterat till vikten är därför standardavvikelsen. Denna redovisades inte av Statistiska Centralbyrån, och därför beaktades inte viktens variation vid modelleringen av den karakteristiska lasten. I tre av de tidigare lastundersökningarna; Adams (1986), Kumar (2002) och Ruiz & Soriano (1997) användes en standardavvikelse på personlasten, och denna varierade mellan 9,5 – 11,34 kg. Då personlasten var liten i förhållande till den totala ihållande lasten, ansågs standardavvikelsens påverkan vara liten i denna studie. Känslighetsanalysen som utfördes, och som redovisas i tabell 21, visar hur en ökning av personlasten påverkar den karakteristiska lasten. I känslighetsanalysen ökade personlasten med 124 %, vilket resulterade i en ökning av den karakteristiska lasten med 0,02 – 0,05 kN/m^2 . Ökningen var liten, och därför anses inte heller en standardavvikelse på personlasten ändra resultatet i någon större utsträckning.

När det gäller valet av kontor var tanken att göra lastundersökningen på kontor inom olika branscher, både statliga och privata. Detta visade sig svårare än förväntat. Dels var det många företag som inte ville ta emot besök på grund av sekretess, och när covid-19 började spridas i Sverige blev det ännu svårare att få tillåtelse att besöka kontoren. Trots detta undersöktes kontor från tre olika privata branscher, vilket anses tillräckligt för att kunna dra slutsatser kring resultatet. Utöver de privata kontoren hade det varit intressant att undersöka ett antal statliga kontor. Detta då Culver (1976) kom fram till att statliga byggnader hade 10 % högre last jämfört med privata. I studien hade alla kontor som undersöktes en area över 1 300 m^2 . Genom att inkludera mindre kontor hade ett mer tillförlitligt resultat kunnat uppnås. Ett mer tillförlitligt resultat hade dessutom krävt fler undersökta kontor.

5.2 Diskussion kring probabilistiska simuleringar

Med hänsyn till utjämningseffekten som diskuterades i avsnitt 5.1 anses metod 3 tillsammans med en periodisk lastvaraktighet på en dag spegla det verkliga fallet på bästa sätt. Värdet på den karakteristiska lasten för denna simulering blev $1,48 \text{ kN/m}^2$, vilket redovisades i tabell 10. Detta är långt under värdet på $2,5 \text{ kN/m}^2$ som idag används vid dimensionering i Sverige. Trots detta anses studiens simuleringsmodell vara rimlig, vilket kan styrkas genom simuleringarna som utfördes baserade på indatan av CIB (1989). I simuleringarna erhöles en karakteristisk last på $2,44 \text{ kN/m}^2$. Detta är likt resultatet som CIB presenterade, vilket var $2,64 \text{ kN/m}^2$. Simuleringar gjordes även som baserades på JCSS (2001) metod och på tidigare undersökningars medelvärde. För JCSS metod blev den karakteristiska lasten $2,38 \text{ kN/m}^2$ när $\kappa = 1$ och $A = 35,04 \text{ m}^2$. Samma värde erhöles även när simuleringar utfördes baserade på de tidigare undersökningarna. Likheten mellan dessa värden och det värde som används i de svenska dimensioneringsnormerna anses förstärka trovärdigheten i denna studies simuleringsmodell ytterligare.

När den karakteristiska lasten togs fram med ett antal olika areaintervall som utgångspunkt, blev det tydligt att de minsta areorna som undersöktes, de som var mindre än 10 m^2 , gav störst last. När indatan i tabell 7 studeras syns det å andra sidan att den framtagna lasten vid lastundersökningen var betydligt större för areor större än 40 m^2 . Däremot hade areorna under 10 m^2 en avsevärt större standardavvikelse, vilket visar att standardavvikelsens påverkan på resultatet är mycket stor. En anledning till skillnaden i standardavvikelse beror på utjämningseffekten som diskuterades tidigare. En annan anledning beror på användningen av de olika areorna. De större rummen var samtliga kontorslandskap, vilket gav ett homogent resultat. De mindre rummens användningsområde varierade och kunde vara allt ifrån kopieringsrum till toaletter. Dessa olika användningsområden gav storleksmässigt markanta skillnader i den nyttiga lasten, vilket illustreras i tabell 11. Det är därför naturligt att de små areorna gav upphov till en större standardavvikelse. För att mer ingående studera vad standardavvikelsen hade för påverkan gjordes ett antal simuleringar där medelvärdet hölls konstant och standardavvikelsen ändrades, och resultatet presenterades i tabell 17. I denna tabell syns att en dubbelt så stor standardavvikelse på den ihållande lasten gav en karakteristisk lastökning med cirka 35 %. Den periodiska lastens standardavvikelse gav en lika stor påverkan på den karakteristiska lasten. Simuleringarna belyser vikten av att använda så tillförlitliga värden på standardavvikelserna som möjligt.

Vid modelleringarna blev det tydligt att den periodiska lastens varaktighetstid påverkade den karakteristiska lasten i minimal utsträckning. Detta resultat är rimligt eftersom den karakteristiska last som valdes i lastmodellen var den näst högsta last som inträffade under de 50 modelleringsåren. Den var därför oberoende av hur lång tid den periodiska lasten pågick. Den minimala skillnad i minskning, som bland annat ses i tabell 19, beror på att färre antal periodiska laster hinner inträffa under femtioårsperioden när den periodiska lastvaraktigheten ökar. Därmed minskar även sannolikheten att extremvärden uppnås. När det gäller den periodiska lastens förekomstfrekvens har detta värde i samtliga simuleringar tagits från JCSS (2001), detta trots att förekomstfrekvensen uppskattades för de olika periodiska lastfallen. Den gemensamma förekomstfrekvensen sattes därför till $1/0,3$, vilket innebär att en periodisk last inträffar cirka 3,3 gånger per år. Hade ett

genomsnitt av förekomstfrekvenserna som baserades på de fem olika fallen använts, anses resultatet inte spegla verkligheten på ett bra sätt. Anledningen är att de fem fallen endast beskriver några få av de periodiska lastfallen som inträffar på kontoret. Å andra sidan har JCSS (2001) inte specificerat hur förekomstfrekvensen har tagits fram, vilket gör även detta värde osäkert. Källan anses dock tillförlitlig, då JCSS har koppling till ett antal olika professionella organisationer, däribland CIB.

För att undersöka hur väl simuleringsmodellen överensstämmer med de svenska dimensioneringsnormerna togs den frekventa samt kvasipermanenta lasten, med tillhörande ψ -faktorer fram. Genom att undersöka hur väl ψ -faktorerna stämmer överens med de som presenteras i Boverket (2019) och SS-EN 1990 (2002) erhöles information kring rimligheten i de olika lastkombinationerna. I tabell 10 åskådliggörs att resultatet för den kvasipermanenta lasten blev förhållandevis homogent, och därmed blev även ψ_2 relativt konstant. De värden som erhöles för ψ_2 var något lägre än Boverkets värde på 0,3, men anses överensstämma förhållandevis bra. När det gäller det frekventa lastvärdet påverkades detta i stor utsträckning av den periodiska lastvaraktigheten, vilket kan ses i tabell 10. Detta innebär att även ψ_1 ökade med ökande lastvaraktighet. För att erhålla ett värde på ψ_1 som är nära Boverkets värde på 0,5 illustreras i tabell 10 att den periodiska lastvaraktigheten bör vara någonstans mellan en till två dagar. Att ψ_1 ökade med ökande lastvaraktighet motsäger det resultat som Honfi (2014) presenterade, där en varierande periodisk lastvaraktighet på 1-3 dagar inte påverkade storleken på ψ_1 nämnvärt. Å andra sidan visar tabell 13, som baserades på JCSS (2001) värden, att varaktigheten på den periodiska lasten inte har någon betydelse för det frekventa lastvärdet. Då Honfi använde dessa värden från JCSS i sin analys styrks både Honfis resultat och resultatet i denna studie kring den periodiska lastvaraktigheten. Skillnaden mellan den periodiska lastvaraktighetens påverkan på den frekventa lasten mellan tabell 10 och tabell 13 blir tydligare vid en jämförelse mellan figur 12, figur 13, figur 14 och figur 15. Den frekventa lasten är den last som överskrider 1 % av tiden. När den periodiska lastvaraktigheten är 2 dagar sker en periodisk last 1,8 % av tiden, vilket var orsaken till att det frekventa lastvärdet ökade med den periodiska lastvaraktigheten i tabell 10. När JCSS värden används varierar dock den ihållande lasten mycket, vilket innebär att det inte är ovanligt att dagarna med periodiska laster ger lägre total last än den största ihållande lasten, något som illustreras i figur 14 och figur 15. Med andra ord är det medelvärde och standardavvikelsen för både den ihållande och den periodiska lasten som bestämmer om den periodiska lastvaraktigheten får någon inverkan på det frekventa lastvärdet.

När det gäller lasternas fördelningar studerades tre olika fall. Det första fallet var när både den ihållande samt den periodiska lasten modellerades med en gammafördelning. Det andra fallet var när den ihållande lasten modellerades med en gammafördelning och den periodiska lasten modellerades med en exponentialfördelning. I det tredje fallet modellerades den ihållande lasten med en lognormalfördelning och den periodiska lasten modellerades med en gammafördelning. När den periodiska lasten modellerades med en exponentialfördelning blev de karakteristiska lasterna mycket höga, vilket illustreras i tabell 18. Däremot blev både den frekventa och den kvasipermanenta lasten i samma storleksordning som i tabell 10, där både den periodiska och den ihållande lasten modellerades med gammafördelningar. På grund av de höga värdena på de karakteristiska lasterna erhöles låga värden på ψ -faktorerna. Under förutsättningen att Boverkets värden

på ψ -faktorerna stämmer beskriver därmed inte exponentialfördelningen den periodiska lasten på ett bra sätt. När den ihållande lasten modellerades med en lognormalfördelning blev både de karakteristiska lasterna och de olika lastkombinationerna relativt höga, vilket åskådliggörs i tabell 19. Vid jämförelse med tabell 10 syns det att den största skillnaden gäller den kvasipermanenta lasten och därmed även ψ_2 . Med tanke på de höga ψ -faktorerna anses inte en lognormalfördelning beskriva den ihållande lasten på ett bra sätt, under förutsättningen att Boverkets värden på ψ -faktorerna eftersträvas.

6 Slutsatser

I denna laststudie kan det konstateras att de svenska dimensioneringsnormerna tycks vara alltför konservativa när det kommer till storleken på den utbredda nyttiga lasten i kontorshus. I studien framkom det att en rimlig storlek på den karakteristiska nyttiga lasten är cirka $1,5 \text{ kN/m}^2$, vilket är utanför det intervall på $2,0 - 3,0 \text{ kN/m}^2$ som finns angivet i Eurokod. Detta innebär att definitionen av en karakteristisk last kan behöva ändras, alternativt bör lastintervallet justeras.

Resultatet visar att kontorstypen påverkar storleken på den nyttiga lasten, dock behöver fler kontor ur olika branscher lastundersökas för att verifiera resultatet. När det gäller kontorens utseende och användning har ett antal faktorer förändrats sedan lastundersökningarna som skedde innan sekelskiftet genomfördes. Tidigare var bibliotek, arkiveringsrum och förråd de rumstyper som gav störst last, men numera är det kopieringsrum. Dessutom har rumsarean ökat sedan sekelskiftet, vilket medför en lägre standardavvikelse för den framtagna lasten.

Denna rapport har tydliggjort att det finns ett antal osäkerheter i laststudier kring den nyttiga lasten. Dessa osäkerheter gäller både lastundersökningen samt lastmodellen, och är som allra störst för den periodiska lasten. För att minska dessa osäkerheter måste fler och större studier på ämnet utföras.

7 Fortsatta studier

Denna studie kan fördjupas genom en lastundersökning på ett större antal kontor av olika storlekar och inom olika branscher. Det vore även intressant att studera om storleken på den nyttiga lasten skiljer sig mellan statliga och privata kontor. Den periodiska nyttiga lasten har varken i denna studie eller tidigare studier undersökts lika noggrant som den ihållande lasten. En mer detaljerad undersökning, som sker under lång tid, bör därför genomföras. En annan aspekt att utforska är värdet på förekomstfrekvensen, både när det gäller den ihållande och den periodiska lasten, samt vilken inverkan denna har på resultatet.

Användningen och utseendet av kontor har förändrats genom tiderna. För att undersöka hur detta påverkar storleken på den nyttiga lasten hade det varit intressant att undersöka samma kontorshus som har undersökts vid en tidigare lastundersökning. För de svenska dimensioneringsnormerna hade det speciellt varit intressant att undersöka samma kontor som Sentler gjorde 1974 i Stockholm.

Som en fördjupning av denna studie kan det studeras hur en minskning av den nyttiga lasten påverkar lasteffekterna och därmed de ingående elementens dimensioner. Det mest troliga scenariot är att dimensionerna blir mindre, men det är möjligt att inga förändringar sker. Orsaken till detta är i så fall att andra aspekter blir dimensionerande, exempelvis ljudkrav eller krav på nedböjning.

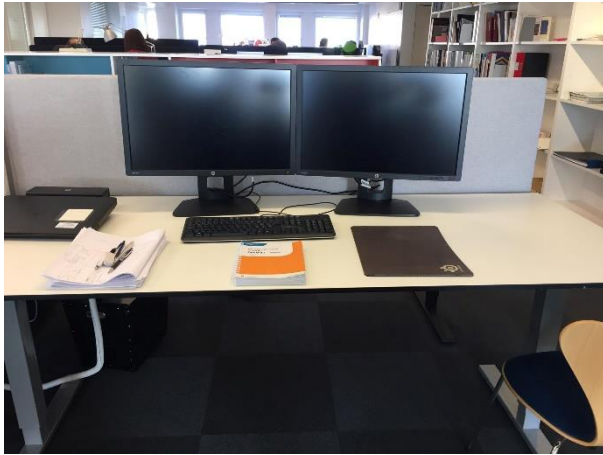
8 Referenser

- Akademiska hus (2019). *Niagara*. Tillgänglig: <https://www.akademiskahus.se/vara-kunskapsmiljoer/vara-byggnader/niagara/> [2020-03-06].
- Andam, K.A. (1986). Floor Live Loads for Office Buildings. *Building and Environment*, vol. 21 (3/4), ss. 211-219.
- Avensia (2020). *Om oss*. Tillgänglig: <https://www.avensia.com/se/om-oss/> [2020-03-06].
- Bodin Danielsson, C. (2014). *Vad är ett bra kontor?: Olika perspektiv på Sveriges vanligaste arbetsplats*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- Boverket (1988). *Nybyggnadsregler-föreskrifter och allmänna råd, BFS 1988*. Stockholm: Allmänna förlaget AB.
- Boverket (2010). *Boverkets konstruktionsregler, BKR 2010*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket (2019). *Boverkets konstruktionsregler, EKS 11*. Karlskrona: Boverket.
- Bryson, J.O. och Gross, D. (1968). *Techniques for the survey and evaluation of live floor loads and fire loads in modern office buildings*. Washington DC: U.S Department of Commerce/National Bureau of Standards.
- Christiansson, C. och Eiserman, M. (1998). *Framtidens kontor - kontorets framtid*. Stockholm: Byggförlaget.
- Corotis, R.B. och Doshi, V.A. (1977). Probability Models for Live-Load Survey Results. *Journal of the Structural Division, ASCE*, vol. 103 (6), ss. 1257-1274.
- Culver, C.G. (1976). *Survey Results for Fire Loads and Live Loads in Office Buildings*. Washington DC: U.S Department of Commerce/National Bureau of Standards.
- Danielsson, C. (2005). *Office Environment, Health & Job Satisfaction: An Explorative Study of Office Design's Influence*. Lic-avh., Kungliga Tekniska Högskolan.
- FOJAB. (2020). *FOJAB - arkitektur och planering*. Tillgänglig: <https://www.linkedin.com/company/fojab> [2020-03-20].
- Forbes, C., Evans, M., Hastings, N. och Peacock, B. (2010) *Statistical distributions*. 4 uppl. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Gulvanessian, H., Formichi, P. och Calgaro, J-A. (2009). *Designers' guide to Eurocode 1: Actions on buildings*. London: Thomas Telford Limited.
- Gut, A. (2005) *Probability: A graduate course*. New York: Springer Science+Business Media, Inc.
- Honfi, D. (2014). Serviceability floor loads. *Structural Safety*, ss. 27. doi: 10.1016-/j.strusafe.2014.03.004.
- International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB) (1989). *Actions on structures – live loads in buildings*. CIB report W81 – Publication 116.

- Joint Committee on Structural Safety (JCSS) (2001). *JCSS Probabilistic Model Code - Part 2: Load Models*. Tillgänglig: <https://www.jcss-lc.org/jcss-probabilistic-model-code/> [2020-02-11].
- Kumar, S. (2002). Live loads in office buildings: point-in-time load intensity. *Building and Environment*, vol. 37(1), ss. 79–89. doi: 10.1016/S0360-1323(00)00074-3.
- Malmö Universitet (2020). *Fakulteten för teknik och samhälle*. Tillgänglig: <https://mau.se/om-oss/fakulteter-och-institutioner/teknik-och-samhalle/fakulteten-for-teknik-och-samhalle/> [2020-03-06].
- Mooney, C.Z. (1997). *Monte Carlo simulation*. Thousand Oaks: SAGE Publishing
- Nowak, A.S. och Collins, K.R. (2000). *Reliability of structures*. Boston: McGraw-Hill.
- Peir, J-C. och Cornell, C.A (1973). Spatial and temporal variability of live load. *Journal of the Structural Division, ASCE*, vol. 99(5), ss. 903-922.
- Ruiz, S.E. och Soriano, A. (1997). Design live loads for office buildings in Mexico and the United States. *Journal of Structural Engineering*, vol. 123(6), ss. 816. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9445(1997)123:6(816).
- Statistiska Centralbyrån (2018). *Varannan svensk har övervikt eller fetma*. Tillgänglig: <https://www.scb.se/hitta-statistik/artiklar/2018/varannan-svensk-har-overvikt-eller-fetma/> [2020-02-06].
- Sentler, L (1974). *A live load survey in office buildings and hotels*. Report 56, Lund Institute of Technology: Division of Building Technology.
- Sentler, L (1975). *A stochastic model for live load on floor in buildings*. Report 60, Lund Institute of Technology: Division of Building Technology.
- Sentler, L (1976). *Live load survey: a review with discussions*. Report 78, Lund Institute of Technology: Division of Building Technology.
- SS-EN 1990 (2002). *Eurokod - Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk*. Stockholm: Svenska institutet för standarder.
- SS-EN 1991-1-1 (2002). *Eurokod 1: Laster på bärverk - Del 1-1: Allmänna laster - Tunghet, egentynngd, nyttig last för byggnader*. Stockholm: Svenska institutet för standarder.
- Statens planverk (1980). *Svensk byggnorm, SBN 1980*. Stockholm: Liber tryck.
- Still, G.K. (2019). *Static crowd density (general)*. Tillgänglig: <http://www.gkstill.com/Support/crowd-density/CrowdDensity-1.html> [2020-04-16].
- Storebrand Fastigheter AB (2020). *Malmö Österport 7*. Stockholm. Tillgänglig: <https://www.storebrandfastigheter.se/sv/objekt/malmo-osterport-7> [2020-03-06].
- Sweco AB (2020). *Om oss*. Stockholm. Tillgänglig: <https://www.sweco.se/om-oss/> [2020-03-06].
- Thomopoulos, N.T. (2013) *Essentials of Monte Carlo Simulation*. New York: Springer New York

- Toivanen, S. (2015). *Framtidens arbetsplatser: att utveckla hållbara och friska kontor*. Ponsarcus.
- Tyréns (2020). *Om oss, Om Tyréns*. Stockholm. Tillgänglig: <https://www.tyrens.se/sv/om-oss/om-tyrens/> [2020-03-06].
- Wihlborgs (2020). *Skrovet 5, Malmö*. Malmö. Tillgänglig: <https://www.wihlborgs.se/sv/projekt/fardigstallda-projekt/malmo/skrovet-5-malmo/> [2020-03-20].
- Zamani, Z. och Gum, D. (2019). Activity-based flexible office: Exploring the fit between physical environment qualities and user needs impacting satisfaction, communication, collaboration and productivity. *Journal of Corporate Real Estate*, vol 21(3), ss. 234–253. doi: 10.1108/JCRE-08-2018-0028.

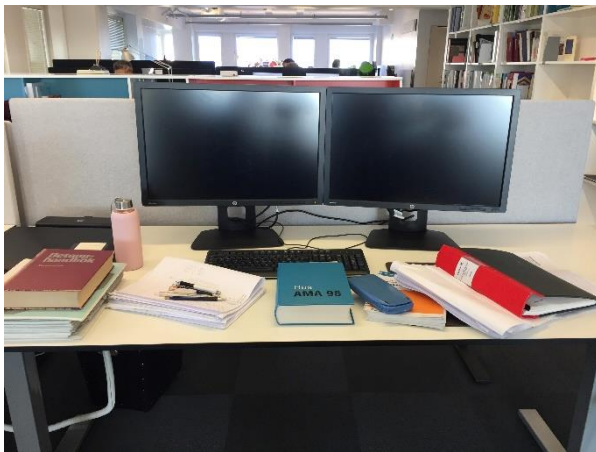
Bilaga A Typfall



Typfall 1 – 1,7 kg



Typfall 2 - 5,25 kg



Typfall 3 – 10 kg



Typfall 4 – 12,5 kg



Böcker – 43 kg/m



Pärmar – 27 kg/m

Bilaga B Formulär rum

Nr.	Typ av möbel	Antal alt. meter	Material	Tillverkare	Produktnamn	Vikt [kg/st alt. kg/m]	Total vikt [kg]	Noteringar
	Area [m ²]	0						
1	Typfall 1		Skrivbordsmaterial	-	-	1,7	0	
2	Typfall 2		Skrivbordsmaterial	-	-	5,25	0	
3	Typfall 3		Skrivbordsmaterial	-	-	10	0	
4	Typfall 4		Skrivbordsmaterial	-	-	12,5	0	
5	Böcker		Böcker	-	-	43	0	
6	Pärmar		Pärmar			27	0	
7	Ryggsäck					3,5	0	
8	Liten bärbar dator					1,6	0	
9	Stor bärbar dator					3	0	
10	Tangentbord					0,5	0	
11	Stol		Plast & aluminium				0	
12	Whiteboardtavla		Glas				0	
13	Klädhängare		Aluminium				0	
14	Skrivbord		trä/aluminium				0	
						Summa [kg]	0	

