

Indledning

Anvendelsesområde

Programmet behandler terrændæk ifølge FEM (Finite Element Metoden). Terrændækket kan belastes med fladelast (kN/m^2), linjelaster (kN/m) og punktlaster (kN) med valgfri placering.

Programmet beregner knudedeforamationer samt momenter, forskydningskræfter og forskydnings-spændinger. I dimensioneringsrutinen eftervises den indlagte netarmerings bæreevne. I gennemlokningsrutinen beregnes nødvendig forskydningsarmering for indre søjler, randsøjler og hjørnesøjler.

Forudsætninger

Decimaltegnet i de indtastede værdier skal være punktum (.) og ikke komma (,).

Programmet beregner deformationerne for urevnet tværsnit.

Betondimensioneringen udføres som en eftervisning af bæreevnen for valgt armeringsnet.

***Rigtig god fornøjelse med Leca®
ConstructionCalculator – Terrændæk!***

Inddata

» Startvindue	5
» Ny beregning	6
└ Valg af underlag	6
└ Valg af dæktype	7
» Valg af belastning og armering	8
└ Rediger standardlaster	10
» Forudsætninger	12
└ Forudsætninger	12
└ Beton	13
└ Armering	13
» Punkt- og linjelaster	14
» Sagsbeskrivelse	16

Beregning

» Beregning og dimensionering af pladen	17
└ Vis ønsket diagram	18
└ Diagramtype	18
└ Niveaukurver	19
└ Farvede kurver	19
└ 3D-diagram	20

Resultatudskrifter

» Udskriftsmuligheder	21
└ Sagsbeskrivelse	22
└ Inddata	22
└ Deformationer	22
└ Snitkræfter	22
└ Dimensionering	22
» Grafiske resultater	23

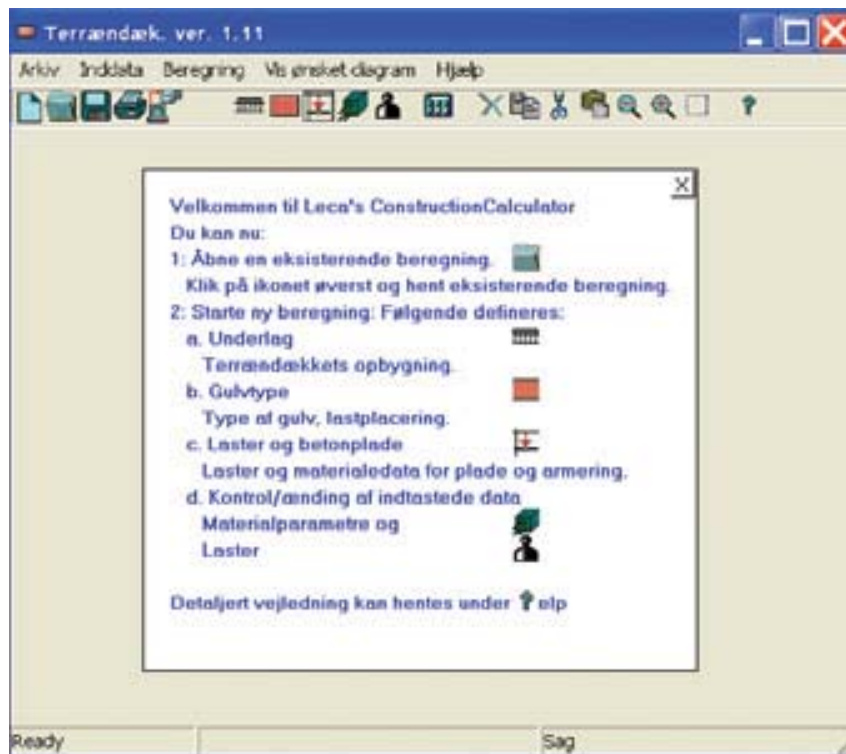
Henvisninger og ansvarsforhold

» Henvisninger	25
» Ansvarsforhold	25

Egne notater

Startvindue

Ved opstart af programmet vises programmets hovedmenu med korte instruktioner for førstegangsb brugere. Tekstfeltet med instruktioner forsvinder automatisk når man starter programmet. Det er dog også muligt at lukke feltet ved at klikke på krydset i feltets øverste højre hjørne.



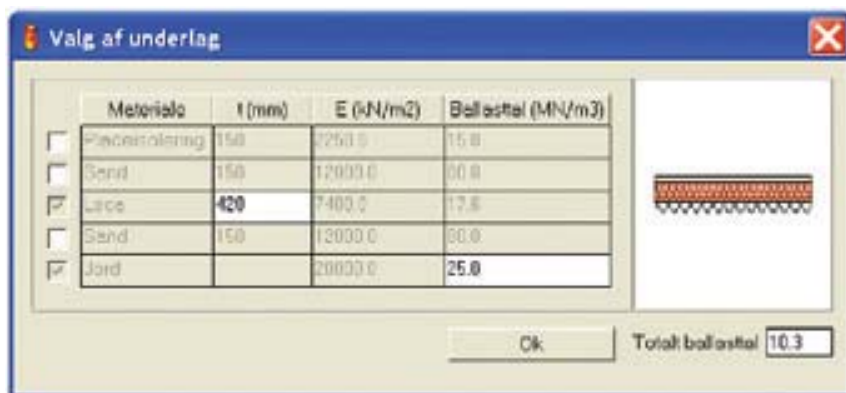
Ny beregning

Man vælger frit mellem inddatarutinerne i menulinjen eller ikonerne. Visse rutiner, som f.eks. *Sagsbeskrivelse*, kan dog kun åbnes under menupunktet *Inddata* i menulinjen. Efter beregningen kan *Vis ønsket diagram* kun udføres i menulinjen. Til alle ikoner hører desuden en forklarende tekst, der vises ved at pege med musen på det aktuelle ikon.

Starter man en ny beregning, skal inddatarutinerne udføres i en bestemt rækkefølge. Derfor er det ved opstart kun inddatarutinen/ikonet *Valg af underlag* som er aktiv. Efter at denne rutine er besvaret aktiveres næste rutine/ikon osv.

Valg af underlag

Man begynder en ny beregning ved at specificere pladens underlag, dvs. den konstruktion, der er under betonpladen.



Man indfører et lag ved at markere feltet til venstre med et flueben og indtaste lagtykkelse i (mm) samt E-Modul i (kN/m²). Når man starter rutinen er Leca[®] laget og jordlagets markeret med flueben, som ikke kan fjernes. For jordlagets del kan man kun ændre ballasttallet.

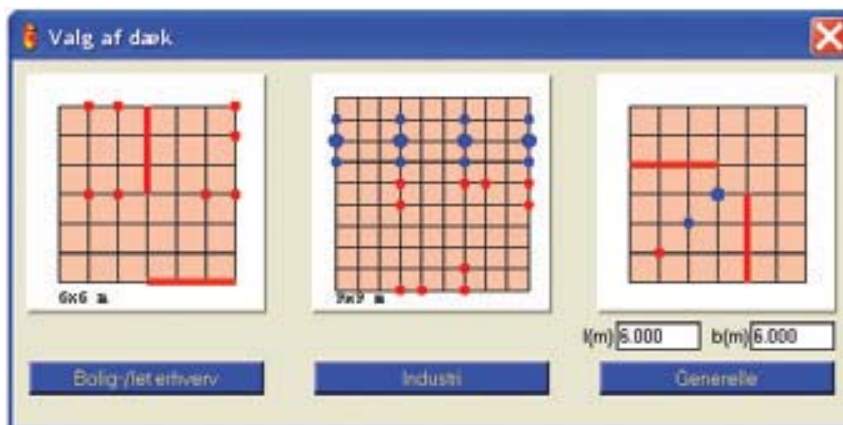
Leca[®] laget indgår altid i beregningen og lagets tykkelse sættes mindst til 150 mm. Leca[®] lagets E-modul kan ikke ændres.





Ballasttallet (k) for lagene beregnes som E-modul/lagtykkelse. Resulterende/Totalt ballasttal beregnes på følgende måde:

$$\frac{1}{k_{tot}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n};$$

Valg af dæktype

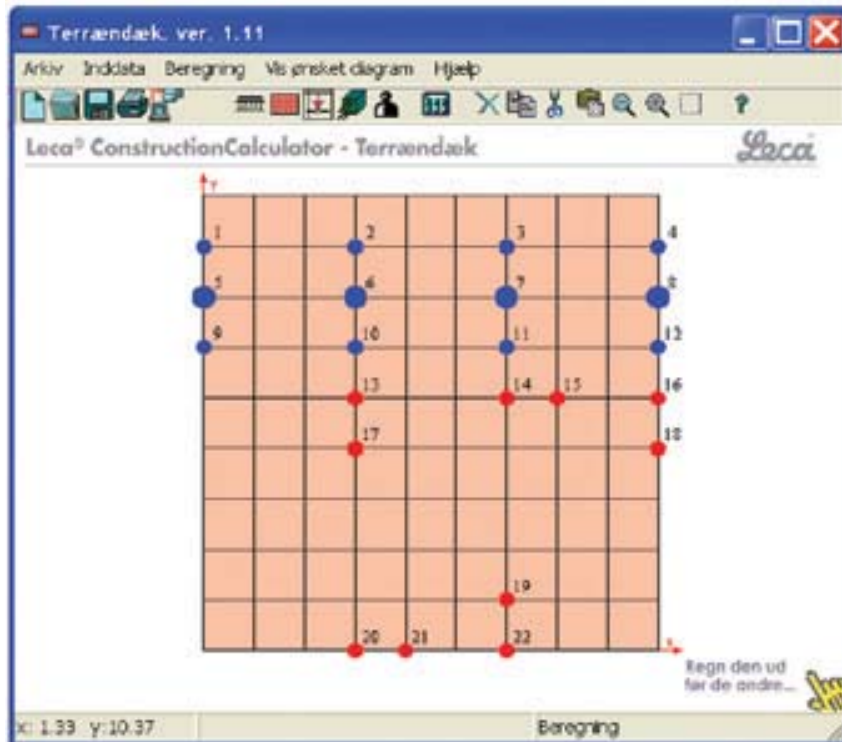
Efter beskrivelse af lagene, vælger man dæktype ved at klikke på det blå felt med ønsket dæktype. (Bolig-/let erhverv, Industri eller Generelle). Dæktyperne Bolig-/let erhverv og Industri har en standard placering af laster, hvor størrelsen af lasterne vælges i efterfølgende rutine. På dæktypen *Generelle* er der indlagt et antal standardlaster, da det ofte er enklere at redigere lasterne i grafisk mode, end det er at indtaste lasterne på ny i en tabel.



	Betegnelse under valg af belastning og armering	Grafisk symbol:
1 = Punkt- og hjullast	P	
2 = Linjelast	Pl	
3 = Reollast	Pr	
4 = Stor reollast	Pr x 2	

Valg af belastning og armering

Efter valg af dæktype vises det valgte dæk med placering af lasterne.



Hver last er nummereret fra 1 til n. Højreklikker man med musen på en last, åbnes et vindue, hvor lastens størrelse og beliggenhed vises. Alle værdier i dette vindue kan ændres. NB! Punktlastens farve ændres ikke ved ændring af lastens størrelse.

Klik nu på ikonet *Valg af lasttilfælde og armeringsnet* for at vælge størrelse af lasterne og betonpladens materialeparametre.

	Last			Betonplade							
	Q kN/m ²	Pr (kN)	P (kN)	Beton- type	h (mm)	D_uk (mm)	cc_ukx (mm)	cc_uky (mm)	D_ok (mm)	cc_okx (mm)	cc_oky
01	20.0	20.0	15.0	20	140	8	200	200	8	150	150
02	20.0	20.0	32.5	20	140	8	150	150	8	150	150
03	20.0	20.0	60.0	20	180	10	150	150	10	150	150
04	25.0	25.0	15.0	20	140	8	200	200	8	150	150
05	25.0	25.0	32.5	20	140	8	150	150	8	150	150
06	25.0	25.0	60.0	20	180	10	150	150	10	150	150
07	45.0	45.0	32.5	20	180	10	200	200	10	150	150
08	45.0	45.0	60.0	20	180	10	150	150	10	150	150
09	45.0	45.0	120.0	20	200	12	150	150	12	150	150
10	50.0	55.0	32.5	20	200	10	150	150	10	100	100

Ok

NB! Tabellen varierer afhængig af den valgte dækttype. Belastningskombination og parametre for betonplade vælges ved at markere række-nummeret til venstre.



De forskellige koloner indeholder:

Last

Q	Fladelast i kN/m ²
Pl	Linjelast i kN/m
P	Punktlast/hjultryk i kN
Pr	Punktlast fra reol i kN

Betonplade

Betontype	Betonens trykstyrke i MPa
h	Pladetykkelse
D_uk	Armeringsdiameter underside plade
cc_ukx	Armeringsafstand underside plade x-retning
cc_uky	Armeringsafstand underside plade y-retning
D_ok	Armeringsdiameter overside plade
cc_okx	Armeringsafstand overside plade x-retning
cc_oky	Armeringsafstand overside plade y-retning

Ved at pege med musen på kolonnerubrikken forklares den valgte forkortelse. Det valg, som man udfører i last- og armeringstabellen, overføres automatisk til rutinerne *Forudsætninger* og *Punkt- og Linjelaster*, som man finder under menupunktet *Inddata*, eller ikonerne  og . Eventuelle ændringer, der udføres i rutinerne *Forudsætninger* og *Punkt- og Linjelaster* tilbageføres dog ikke til ovenstående tabel. Afslut valget af standardværdierne ved at klikke *OK*.



Rediger standardlaster


Den valgte standardbelastning vises nu på skærmen. På den grafiske oversigt af gulvfladen kan laster slettes, flyttes, kopieres og indsættes med standard Windowsfunktioner. Ved at højreklikke på en last, kan alle data for denne ændres. Man arbejder med laster i den grafiske oversigt på følgende måde:


Klik på ikonet *Område* .


Marker det område hvor den eller de laster, der skal kopieres, flyttes eller slettes befinder sig. Lasterne vises nu som lysegrå punkter eller linjer.


Klik på ikonet *Slet*  for at slette lasterne.

Klik på ikonet *Kopier*  eller *Klip*  og træk derefter lasten med musen til den nye placering. Koordinaterne for lasten vises nederst til venstre på skærmen.

Afslut kopiering/flytning ved at klikke på ikonet *indsæt* .

Man kan fortsætte med at indsætte en last uden at kopiere denne igen. Tag fat i den seneste kopierede last og træk denne med musen til den næste placering. Afslut med at klikke på ikonet *indsæt* .

Det samme kan opnås ved at klikke på *Lastikonet*  og ændre numerisk i lasttabellen. Se yderligere i afsnittet "Punkt- og Linjelaster".

Man kan kun flytte laster, så de placeres på det underliggende kvadratiske net, der definerer pladens elementinddeling. Dette har standardstørrelsen 0.25 m for dæktypen "Bolig/Let erhverv" og 0.50 m for dæktyperne "Industri" og "Generelle". Det viste net på pladen er altid 1 x 1 m uanset valgt elementstørrelse. Elementstørrelsen kan eventuelt ændres i inddatarutinen *Forudsætninger* .

For standardbelastningen gælder: De røde punkter er punkt-/hjulaster alle af samme størrelse. De små blå punkter er reollaster alle af samme størrelse. De store blå punkter er som standard dobbelt så store som de små reollaster. De røde streger er væglaster alle af samme størrelse. Ændrer man størrelse på en standardlast, påvirkes lastens farve på skærmen ikke.

Symboler på den grafiske oversigt er yderligere beskrevet i afsnittet "Punkt- og linjelaster".

Forudsætninger

Denne rutine åbner et vindue, hvor man kan kontrollere og ændre angivne standard-værdier. *Det anbefales altid at åbne denne rutine og kontrollere standardværdierne inden beregningen startes.*



Forudsætninger

Valg af Miljøklasse er kun informativ. Både max. revnevidde og dæklag for armeringen er standard-værdier, der kan ændres af brugeren.

Sikkerheds- og kontrolklassernes partialkoefficienter fra DS411 kan ikke ændres. Brugeren kan kun vælge aktuel klasse. Max. revnevidde er sat til 0.3 mm. Denne kan dog ændres af brugeren.

Længde/deling (m) er pladens længde og valgt element-størrelse i x-retning. Bredde/deling (m) er pladens bredde og valgt elementstørrelse i y-retning.

Den pladetykkelse og den fladelast man valgte i Last- og armeringstabellen vises her og kan ændres. NB! Pladens egenvægt beregnes kun af programmet, hvis man indtaster en densitet for betonen. Densiteten er som standard sat til 24.00 kN/m³.

Indtaster man en max. differens sætning, kan de områder af pladen, hvor differenssætningen overskrider den indtastede værdi vises. Se yderligere i afsnittet "Grafiske resultater". Standardværdien er sat til 0.2 mm.

Beton

Den betonklasse, man har valgt i lasttabellen, vises som standardværdi. Ændrer man betonklasse gennemføres dimensioneringen med den ændrede betonklasse.

Partialkoefficienten for betonen er iht. DS 411 5.3.2. Standardværdi 1.65. Denne værdi multipliceres med partialkoefficienterne for valgt sikkerheds- og kontrolklasse. NB! Standardværdien 1.65 ændres ikke automatisk, hvis der vælges uarmeret betonplade. Tværkontraktionen for betonen benyttes i pladeberegningen. Standardværdi = 0.2.

Betonens densitet (kN/m^3) benyttes ved beregning af pladens egenvægt. Den omregnes til en fladelast og adderes til fladelasten under afsnittet *Forudsætninger*. Betonens dæklag er sat til 20 mm og skal justeres af brugeren i overensstemmelse med valgt miljøklasse.

I felterne *Norm/Egne* skal det ene felt markeres. Standardværdi er flueben i Norm (DS 411). Ønsker man at benytte egne værdier, sættes flueben i *Egne*, hvorefter man kan redigere betonværdierne.

Armering

Partialkoefficienten for armeringen er iht. DS 411 5.3.2. Standardværdi 1.30. Denne værdi multipliceres med partialkoefficienterne for valgt sikkerheds- og kontrolklasse.

F_{yk} for armeringen sættes standard til 550 MPa.





Armeringsdiameter viser valget i lasttabellen. Ændrer man armeringsdiameter, gennemføres dimensioneringen med den ændrede diameter. Man skal kun ændre armeringsdiameter, hvis valget af armeringsnet ikke tilbyder den diameter man ønsker. Viser armeringsnettet 200x200x6 og man ændrer diameter til 14 mm gennemføres dimensioneringen med et armeringsnet 200x200x14. Standardværdi for armeringsnettet er den man valgte i lasttabellen.

Punkt- og linjelaster

I nedenstående tabel udføres den numeriske indtastning og/eller redigering af punkt- og linjelaster. Ændring af partialkoefficienterne for laster kan kun ske i denne tabel.

Punkt- og linjelaster								
Partialkoefficient		Bred		Anvendelse				
		1,30		1,00				
Lasttype	x1 (m)	y1 (m)	x2 (m)	y2 (m)	Bredde (m)	Højde (m)	Last (kN)	
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	0,100	20,00	
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	0,100	20,00	
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	0,100	20,00	
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	0,100	20,00	
5	0,000	7,000	0,000	7,000	0,100	0,100	40,00	
6	0,000	7,000	0,000	7,000	0,100	0,100	40,00	
7	0,000	7,000	0,000	7,000	0,100	0,100	40,00	
8	0,000	7,000	0,000	7,000	0,100	0,100	40,00	
9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	0,100	20,00	
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	0,100	20,00	

Under lasttype indtastes:

	Betegnelse under valg af belastning og armering	Grafisk symbol:
1 = Punkt- og hjullast	P	
2 = Linjelast	Pl	
3 = Reollast	Pr	
4 = Stor reollast	Pr x 2	

x1 og y1 angiver ved punktlast dennes beliggenhed og ved linjelast dennes begyndelse.

x2 og y2 indtastes kun ved linjelast og angiver linjelastens afslutning.

Bredde og højde er lastens udbredelse i x- og y-retning og bruges i gennemlokningsberegning. For linjelaster udføres ingen gennemlokningsberegning.

Under Last indtastes lastens størrelse i kN for punkt-laster og kN/m for linjelaster.

Ikonerne nederst til venstre i lasttabellen:

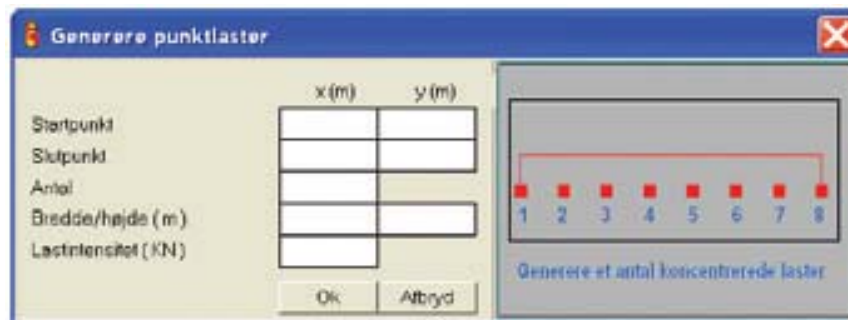


Klikker man på et linjenummer i tabellen aktiveres ikonerne. Fra venstre gælder følgende:

Ønsker man at indsætte en last i tabellen klikker man på det første ikon. Der vises nu en tom linje, hvor man indtaster den aktuelle punkt-/linjelast.

Klikker man på krydset slettes den aktuelle linje.

Klikker man på ikonet med punktlasten aktives følgende rutine:



Denne rutine tillader brugeren hurtigt at generere et antal lige store punktlaster.

Sagsbeskrivelse


Under menupunktet *Inddata* findes rutinen *Sagsbeskrivelse*, der kun kan åbnes her. De øvrige rutiner åbnes enklere ved at klikke på det tilhørende ikon.

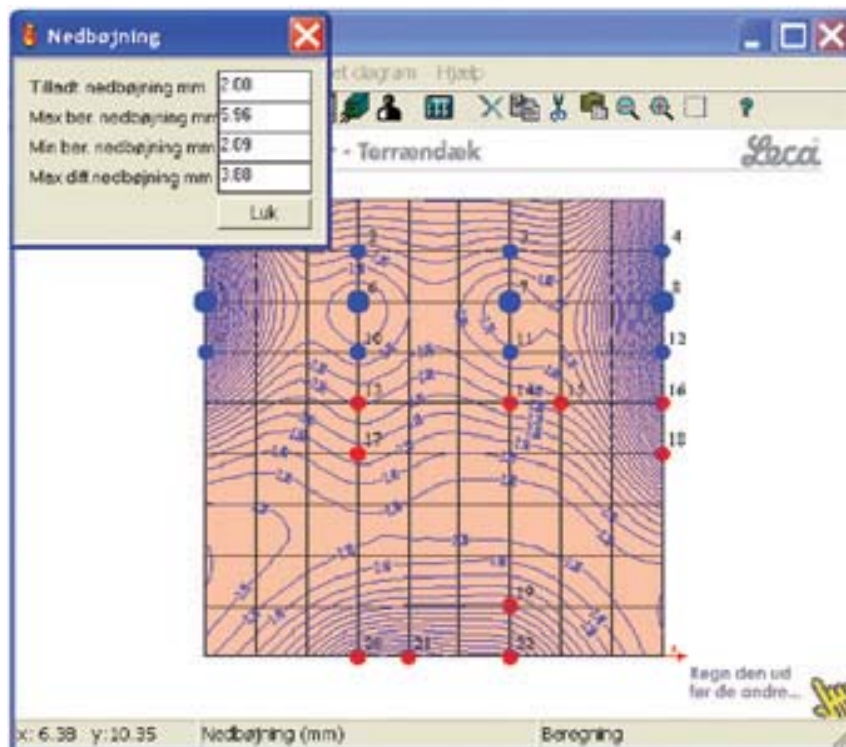


Ved at klikke på denne rutine åbnes et vindue, hvor du kan indtaste en sagsbeskrivelse. Denne beskrivelse kan printes ud i forbindelse med inddata eller resultatudskrifterne.



Beregning og dimensionering af pladen

Klikker man på ikonet *Lommeregner*  eller menupunktet *Beregning*, beregnes og dimensioneres pladen. Som standard vises deformationerne i anvendelsesgrænsetilstanden i form af niveaukurver. Beregningshastigheden er afhængig af elementopdelingen. Jo flere elementer jo længere beregningstid.



Mindste beregnede nedbøjning er den deformation som hele pladen udsættes for. Max. beregnede nedbøjning er den største deformation på grund af den valgte belastning. Den interessante/skadelige deformation er altså forskellen mellem de to deformationer min. og max. nedbøjning, der benævnes maksimal diff. nedbøjning. NB! Nedbøjningerne er udelukkende en funktion af underlagets ballasttal. Der udføres ingen sætningsberegning af pladen!

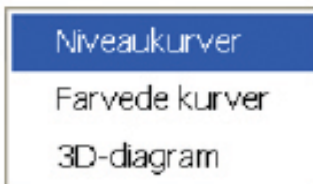
Vis ønsket diagram

Klikker man på rutinen "Vis ønsket diagram" får man en liste over alle diagrammer, som programmet tilbyder. Standardindstillingen viser diagrammerne ved hjælp af niveaukurver. Ønsker man at ændre dette valg, klikker man på rutinen "Diagramtype".



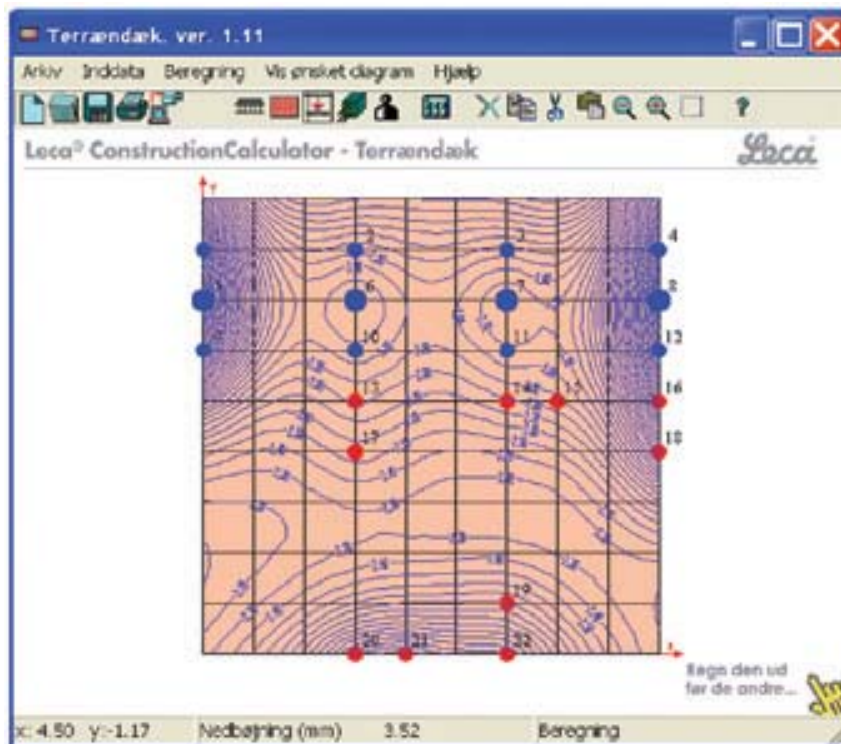
Diagramtype

Man kan for alle snitstørrelser, der varierer, vælge at vise disse som Niveaukurver, Farvede kurver eller 3D-diagram. Antallet af niveaukurver der benyttes for at vise en given funktion er altid 20. Dvs. området mellem max. og min. for en given funktion (nedbøjning, moment osv.) deles i 20 lige store dele.



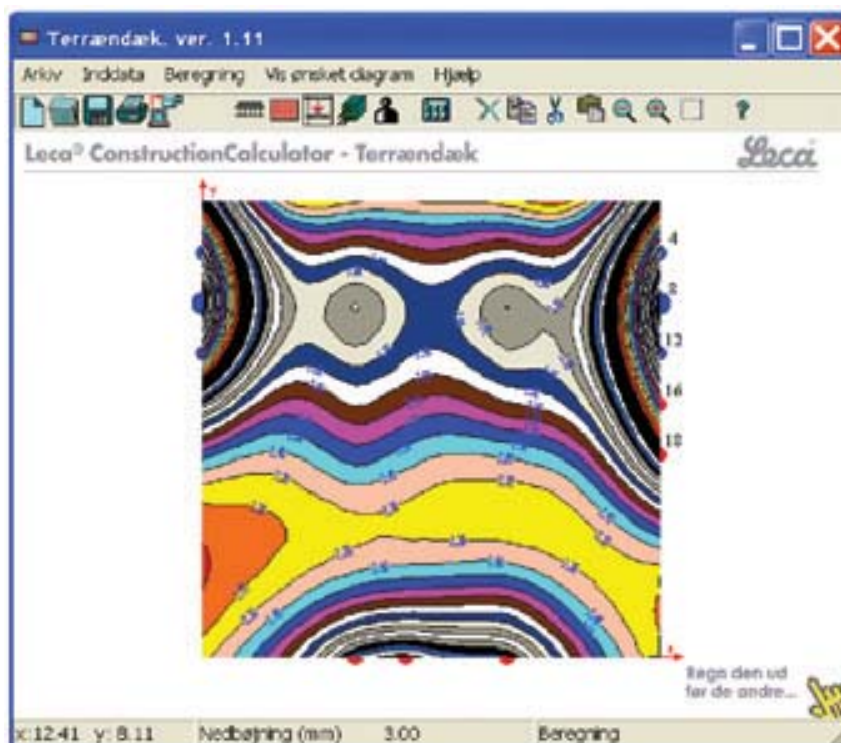
Niveaukurver

Nedenstående diagram viser pladens nedbøjning repræsenteret ved hjælp af niveaukurver.



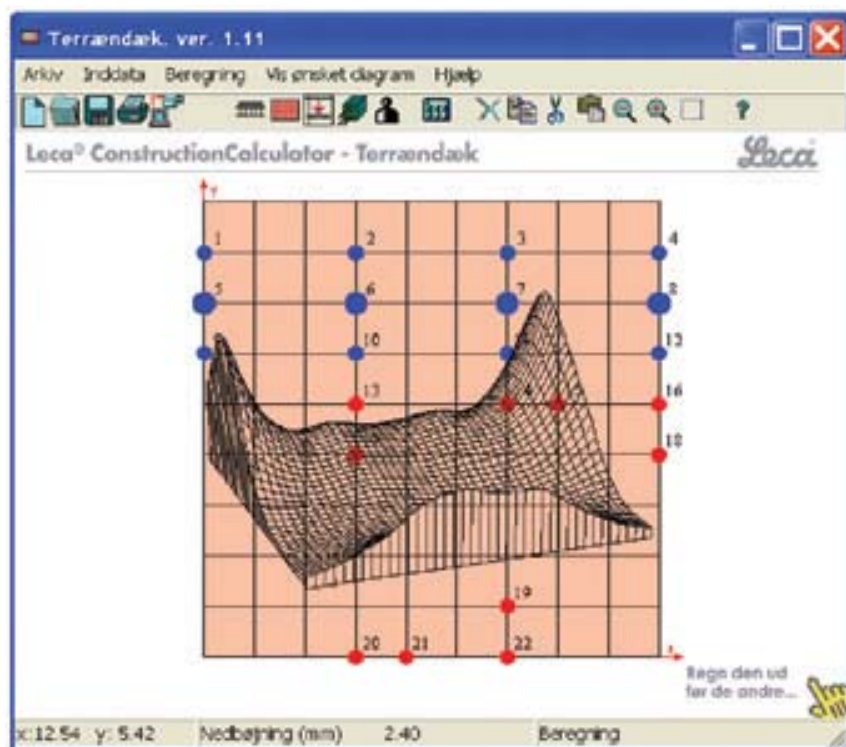
Farvede kurver

Nedenstående diagram viser pladens nedbøjning repræsenteret ved hjælp af farveniveauer.



3D-diagram

Nedenstående diagram viser pladens nedbøjning repræsenteret ved hjælp af 3D kurver.




Udskriftsmuligheder

Alle beregningsresultater kan printes ud enten i tabelform eller som grafiske billeder.

Klikker man på printerikonet , åbnes nedenstående valgmenu. Man kan her vælge hvilke data, der ønskes udskrevet. Resultaterne vises først i et tekstprogram, hvor man har mulighed for at kommentere udskriften, indsætte logo/billeder eller lignende og derefter sende den til en printer for udskrift.



For hvert element beregnes nedbøjningerne i 8 knuder og snitkræfterne i elementets 4 Gausspunkter. Har man valgt en elementstørrelse på 0.25 x 0.25 meter i en 9 x 9 m plade og vælger at printe alle resultater ud uden afgrænsning af område (for hele pladen) bliver man hurtigt bonuskunde hos sin papirforhandler. Print kun deformationer og snitkræfter ud i de områder, hvor det er absolut nødvendigt.

Man afgrænser et område ved at klikke på forstørrelsesikonet  og markere et rektangulært område. Man printer resultaterne for det valgte område, ved at klikke på printerikonet og markere de data man ønsker i tabelform.

Sagsbeskrivelse

Man har mulighed for at beskrive beregningen og eventuelle forudsætninger i et tekstprogram. Markerer man *Sagsbeskrivelse*, printes denne ud.

Inddata

Markerer man *Inddata*, får man en udskrift af alle inddataværdier, såsom geometri, materialer og laster.

Deformationer

Markerer man *Deformationer*, får man, hvis ikke man har valgt et afgrænset område, deformationerne for hele pladen i anvendelsesgrænsetilstanden.

Snitkræfter

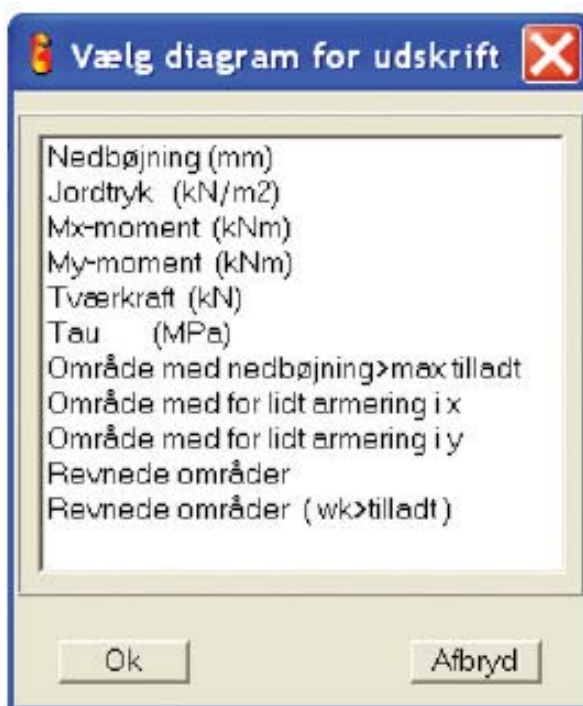
Markerer man *Snitkræfter*, får man, hvis ikke man har valgt et afgrænset område, snitkræfterne M_x , M_y , M_{xy} , forskydningskraft og forskydningsspænding for hele pladen i brudgrænsetilstanden.

Dimensionering

Markeres *Dimensionering*, får man en oversigt over netarmering og tilhørende bæreevner, revnevidder og gennemlokning.

Grafiske resultater

Ved at klikke på Ikonet grafisk udskrift, åbnes nedenstående valgmenu. Man klikker på ønsket diagram eller markerer flere linjer ved at holde Ctrl tasten nede. Efter valg af ønsket diagram, sendes billedet direkte til printer.



Henvisninger

I "Finite Element Programming" af Hinton & Owen diskuteres Finite Element beregninger meget grundigt. Der findes forklaringer til teorien for de benyttede elementer og ligeledes beregningseksempel.

I "Hållfasthetsberäkningar med Finita Elementmetoden" af Billy Fredriksson diskuteres mere generelt forskellige grundlæggende teorier.

Ansvarsforhold

Leca® ConstructionCalculator – Terrændæk er et program til vejledende beregning af terrændæk med armeret eller uarmeret betonplade. Programmet bør kun anvendes af ingeniører, entreprenører, teknikere og andre professionelle rådgivere med forudgående teoretisk og praktisk kendskab til dimensionering af terrændæk og verificering af beregningsresultatet.

Egne notater
