**Skabelon til kursusbeskrivelser / *Template for course descriptions***

For hjælp til udfyldelse af de enkelte punkter: Se dokumentet ”Vejledning til kursusbeskrivelser” /
*For guidance on the template: See the document ”Vejledning til kursusbeskrivelser”*.

**Dansk titel / *Danish title***: Kombinatorisk Optimering

**Engelsk titel / *English title***: Combinatorial Optimization

**Omfang i ECTS / *Number of ECTS***: 10

**Placering / *Semester*:** [x]  **Efterårssemestret** / *Autumn semester*

[x]  Forårssemestret / *Spring semester*

[x]  Både for- og efterårssemester / *Both autumn and spring semester*

**Kursusniveau / *Course level***: Vælg et element.

**Ansvarlig underviser / *Teacher responsible*:** Jørgen Bang-Jensen

[x]
# Formål / *Aims*

|  |  |
| --- | --- |
| **Dansk / *Danish*** | **Engelsk / *English*** |
| Kurset har til formål at sætte den studerende i stand til at * Anvende teori og metoder fra kombinatorisk optimering til at resonere om problemer af kombinatorisk natur.
* Udvikle effektive algoritmer til løsning af praktiske problemer som i natur ligner dem der behandles i kurset.
* Kunne argumentere for at et kombinatorisk optimeringsproblem er NP-hårdt og foreslå metoder til at opnå approksimative løsninger ved hjælp af de metoder man lærer i kurset.
* Udvikle ny teori og metoder for kombinatoriske optimeringsproblemer som er beslægtede med dem man møder i kurset.
 | *The aim of the course is to enable the student to** *Apply theory and methods from combinatorial optimization to reason about problems of a combinatorial nature.*
* *Develop efficient algorithms for solving practical problems which are similar in nature to those studied in the course.*
* *Be able to argue that a combinatorial optimization problem is NP-hard and suggest methods for obtaining approximate solutions via methods learned in the course.*
* *Develop new theory and methods for combinatorial optimization problems which are related to those studied in the course.*
 |
| Kurset bygger oven på den viden, der er erhvervet i kurserne DM507 og DM553. Kurset giver et fagligt grundlag for at lave et speciale inden for kombinatorisk optimering, herunder grafalgoritmer. | *The course builds on the knowledge acquired in the courses DM507 and DM553.**The course gives a foundation for doing a master thesis within combinatorial optimization and graph algorithms.* |
| I forhold til uddannelsens kompetenceprofil har kurset eksplicit fokus på at den studerende skal:* Kunne analysere og løse avancerede problemstillinger indenfor kombinatorisk optimering ved hjælp af de lærte metoder
* Kunne løse praktiske optimeringsproblemer ved hjælp af de lærte metoder.
* Kunne udvikle nye varianter af de lærte metoder med henblik på anvendelse af disse på nye problemtyper.
 | *In relation to the competence profile of the degree it is the explicit focus of the course to enable the students to** *Analyse and solve advanced problems within combinatorial optimization by applying the methods from the course.*
* *Be able to solve practical optimization problems by using the methods from the course.*
* *Develop new variants of the methods studied in the course in order to apply these to new types of problems.*
 |

# Forventede forudsætninger og eventuelle indgangskrav / *Expected qualifications and prerequisites (if any)*

|  |  |
| --- | --- |
| **Dansk / *Danish*** | **Engelsk / *English*** |
| **Faglige forudsætninger**. Studerende, der følger kurset, forventes at:* Have kendskab til basale datastrukturer og grafalgoritmer, som dem der undervises i DM507.
* Have kendskab til problemkompleksitet, herunder klasserne P og NP, samt basale approksimationsalgoritmer svarende til de emner der dækkes i DM553.

Kendskab til lineær programmering og basal teori for strømning i netværk (f.eks fra DM817) er en fordel men ikke en forudsætning, da de nødvendige ting introduceres i kurset. | ***Academic preconditions****. Students taking the course are expected to:** *Have basic data structures and graph algorithms such as those taught in DM507*
* *Have knowledge about problem complexity, including the complexity classes P and NP, as well as basic approximation algorithms corresponding to those covered in DM553.*

*Having a basic knowledge about linear programming and flows in networks (e.g. from DM817) is an advantage but is not a prerequisite as we will introduce the necessary things in the course.* |
| **Indgangskrav**. ingen | ***Entry requirements*** *none* |

# Målbeskrivelse / *Statement of aims*

|  |  |
| --- | --- |
| **Dansk / *Danish*** | **Engelsk / *English*** |
| For at opnå kursets formål er det læringsmålet for kurset, at den studerende demonstrerer evnen til at:* Kunne anvende teorien fra kurset som et redskab til at løse problemer som i natur ligner dem fra kurset.
* Kunne anvende algoritmer fra kurset som delkomponenter i mere komplekse algoritmer.
* Kunne anvende teori og algoritmer fra kurset til at løse praktiske optimeringsproblemer.
* Kunne identificere, samt argumentere om, kombinatoriske optimeringsproblemer ud fra en beskrivelse af sådanne i ord.
* Kunne vurdere om et givet kombinatorisk optimeringsproblem, som i natur ligner dem fra kurset, kan løses effektivt eller om det er NP-hårdt.
* Kunne anvende algoritmiske metoder som baserer sig på trædekomponeringer af grafer.
 | *The learning objective of the course is that the student demonstrates the ability to:** *Apply the theory from the course as a tool to solve problems which resemble those from the course.*
* *Apply algorithms from the course as subroutines in more complex algorithms.*
* *Apply algorithms and theory from the course to solve practical optimization problems.*
* *Identify and argue about combinatorial optimization problems from a description of such in words.*
* *Evaluate whether a given combinatorial optimization problem, similar in nature to those studied in the course, can be solved efficiently or is NP-hard.*
* *Apply algorithmic methods based on tree decompositions of graphs.*
 |

# Indhold / *Contents*

|  |  |
| --- | --- |
| **Dansk / *Danish*** | **Engelsk / *English*** |
| Kurset indeholder følgende faglige hovedområder:* Pardannelser i grafer og generalisationer af disse.
* Matroider og disses anvendelse i kombinatorisk optimering.
* Branchings i digrafer.
* Grafsammenhæng.
* Heltals programmering.
* Approksimationsalgoritmer.
* Flervarestrømninger og disjunkte veje.
* Trædekomponeringer af grafer med algoritmiske anvendelser.
* Parametericeret kompleksitet.
* NP-kompletheds beviser.
* Grafer uden inducerede kredse af længde mere end 3.
 | *The following main topics are contained in the course:** *Matchings in graphs and generalizations of these.*
* *Matroids and their applications in combinatorial optimization.*
* *Branchings in digraphs.*
* *Graph connectivity.*
* *Integer programming.*
* *Approximation algorithms.*
* *Multicommodity flows and disjoint paths.*
* *Tree decompositions of graphs with algorithmic applications.*
* Parametrized complexity.
* NP-completeness proofs.
* Chordal graphs.
 |

# Undervisningsform / *Teaching method*

Bemærk at timerne er vejledende. Der bør i valg af undervisningsform tages udgangspunkt i [3-fasemodellen](http://sdunet.dk/Vaerktoejer/Skemaer-og-skabeloner/Undervisning/3-fasemodellen.aspx) / *Please notice that the hours are for guidance purposes. Selection of teaching method should take the 3 Phase Model as the starting point*.

1. **Introfase** / *Intro phase* 40 timer / *hours*
2. **Træningsfase** / *Skills training phase* 30 timer / *hours*, heraf / *hereof*:

[x]  Eksaminatorier / *Tutorials*       timer / *hours*

[x]  Laboratorieøvelser / *Laboratory exercises*       timer / *hours*

[x]  Ekskursion / *Excursions*       timer / *hours*

1. **Studiefase**, angiv hvilke aktiviteter, der påtænkes at være i studiefasen / *Study* *phase, state which activities are planned during the study phase*:

|  |  |
| --- | --- |
| **Dansk / *Danish*** | **Engelsk / *English*** |
| * Løsning af ugentlige opgaver med henblik på diskussion af disse ved eksaminatorierne
* Løsning af projektopgaverne
* Selvstudium af visse emner fra lærebogen
* Selvstændig opsamling på intro og træningsfasen
 | * *Solution of weekly assignments in order to discuss these at the exercise sections*
* *Solving the project assignments*
* *Self study of various parts of the course material.*
* *Reflection upon the intro and training sections.*
 |

Angiv timetal, hvis kurset er placeret på 1. studieår /

*Number of hours if the course takes place at first year of studies*:       (der skemalægges alene timer for studiefasen på 1. året / *there are only scheduled hours for the study phase at the first year*)

**Giv en uddybende beskrivelse af undervisningsformer og deres indbyrdes sammenhæng /
*Give an elaboration on the choice of teaching methods and their mutual coherence*:**

Introfasen består af forelæsninger ved underviser. Her gennemgås teori og metoder og disse  illustreres med eksempler. Introfasen suppleres af træningsfasen, hvor de studerende ugentligt arbejder med  nye opgaver, der belyser de emner som aktuelt studeres. Endeligt består studiefasen af yderligere selvstændig læsning af og reflektion over kursus materialerne, samt løsning af de 2 projektopgaver som udgør kursets evaluering.

The intro phase consists of lectures by the teacher. Here we cover theory and methods and these are illustrated through examples. The intro phase is complemented by the skills training phase in which the students each week are working with new assigments covering the topics currently studied. Finally, the study phase consists of further independent reading of and reflection upon the course materials as well as solution of the two sets of problems which constitute the exam.

# Forudsætningsprøve / *Prerequisite(s) for taking part in exam*

Udfyldes kun hvis der er forudsætningsprøve i kurset. Der udfyldes én linje for hver forudsætningsprøve, som der ønsket protokol på. / *Please only fill out if relevant. Fill out one line per prerequisite that demands a protocol*.

|  | **Beskriv hvad forudsætningsprøven består af /*Describe the content of the prerequisite*** | **Bedømmelse og censur /*Assessment and marking*** | **Forudsætningsprøven gælder eksamenselement (a, b, c…) /*The prerequisite aims at exam (a, b, c…)*** |
| --- | --- | --- | --- |
| a. |  | Bestået/ikke-bestået, intern censur ved underviser |  |
| b. |  | Bestået/ikke-bestået, intern censur ved underviser |  |
| c. |  | Bestået/ikke-bestået, intern censur ved underviser |  |

# Prøve- og censurform

|  | **Evalueringsform / *Form of evaluation*** | **Antal ECTS /*Number of ECTS*** | **Bedømmelse og censur /*Assessment and marking*** | **Tilladte hjælpemidler /*Allowed exam aids*** | **IT-redskaber /*IT-tools*** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| a. | Projektopgaver/Project | 10 | Vælg et element. |  |  |
| b. | Mundtlig eksamen |  | Vælg et element. |  |  |
| c. |  |  | Vælg et element. |  |  |
| d. |  |  | Vælg et element. |  |  |
| e. |  |  | Vælg et element. |  |  |
| f. |  |  | Vælg et element. |  |  |
| g. |  |  | Vælg et element. |  |  |

Eksamen består af en mundtlig eksamen samt opgavesæt afleveret i løbet af kurset. Ekstern censur, 7-trinsskala. Karakteren baseres på et samlet indtryk af de to elementer som indgår i evalueringen.

 Opgavebesvarelsen danner, sammen med udvalgte emner fra kurset, grundlag for den mundtlige eksamen. Censor vil have mulighed for at se besvarelserne af opgaverne.

Reeksamen i samme eksamenstermin eller i umiddelbar forlængelse heraf. Reeksamen er en mundtlig eksamen, der bedømmes med karakter efter 7-skalaen og ekstern censur.

# Obligatorisk eller valgfrit kursus / *Mandatory or optional course*

* Kurset indgår som **obligatorisk** i følgende studieordninger (anfør optagelsesår og studieretning) / *The course is* ***compulsory*** *in the following curricula (please state admission year and field of study)*:
* Kurset er **valgfrit** for følgende studieordninger / *The course is* ***optional*** *in the following curricula*:

#  Undervisningssprog / *Language*

[x]  kun dansk / *only Danish*

[x]  kun engelsk / *only English*

[x]  **dansk, men engelsk ved internationale studerende /
*Danish, but English if international students take part***

[x]  dansk eller engelsk afhængig af underviser /
*Danish or English dependent on teacher responsible*

[x]  dansk eller engelsk afhængig af underviser, dog engelsk ved internationale studerende /
*Danish or English dependent on teacher responsible, however always English if international students take part*

# Bemærkninger / *Remarks*

|  |  |
| --- | --- |
| **Dansk / *Danish*** | **Engelsk / *English*** |
| Kurset samlæses med:        | *The course is co-read with*:        |
| Kurset kan ikke følges af studerende, der:        | *The course cannot be chosen by students who*:        |

# STÅ-fordeling / *Allocation of STÅ*: 100% IMADA

# Ansvarligt Institut / *Department responsible*: IMADA

# Pris / *Price*:

|  |
| --- |
| **Standardmerit / *Standard credit transfers*** |
| Ændringer inden for følgende områder medfører behov for udarbejdelse af standardmerit, så der kan tages hånd om omgængere, studerende, der mangler kurset og lignende. / *Changes within the following areas cause a need for standardized credit transfer(s) in order to handle repeaters, students that have not yet taken the course and the like*: * Ændringer af kursets ECTS-tal / *Changes in the number of ECTS*
* Ændringer af ECTS-vægtningen af kursets delelementer / *Changes in the ECTS-weighting of part elements*
* Ændringer af evalueringsformer (hvis der fx oprettes eller fjernes en forudsætningsprøve eller et eksamenselement; men ikke ved mindre ændringer som fx skift mellem intern og ekstern censur, forlængelse af en skriftlig eksamens varighed eller lignende) / *Changes in evaluation (for instance if a prerequisite or exam part is established or removed; but not by smaller changes such as a change between internal and external censorship or a change of time for a written exam or the like).*
 |
| **Angiv hvilke delelementer der svarer til eller er identiske med hinanden. / *Please state which parts are equivalent or identical*** |
| **Nuværende evalueringsform(er) / Existing form of examination** | **ECTS** | **Identitisk udtryk / *Identical term* \***  | **Ny(e) evalueringsform(er) / *New form(s) of evaluation*** | **ECTS** | **Bemærkninger / *Remarks*** |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

# \*: Markeres hvis forsøg aflagt på gammel ordning skal tælle med, når studerende aflægger forsøg på ny ordning. / *State if exam attempts made under old terms should count, when students make an attempt under new terms.*