UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA MATEMATICKÉ ANALÝZY A APLIKACÍ MATEMATIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Matematické aspekty výtvarného díla Zdeňka Sýkory

Vedoucí diplomové práce:
prof. RNDr. dr hab. Jan Andres, CSc.
Rok odevzdání: 2010

Vypracoval:
Martina Losová
AME, II. ročník

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením pana prof. RNDr. dr hab. Jana Andrese, Csc. s použitím uvedené literatury.

V Olomouci dne 8. dubna 2010

Poděkování

Velmi ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce panu prof. RNDr. dr hab. Janu Andresovi, Csc. za odborné vedení mé práce, vstřícnost, cenné rady a čas strávený na konzultacích.

Obsah

Úvod

Spojení matematiky a výtvarného umění může v první chvíli působit dosti nezvykle. Hluboce zakořeněný názor na rivalitu věd exaktních a humanitních vyplývá z navzájem odlišného způsobu poznání, jehož objektem mohou být nejrůznější předměty, osoby či události. Přispívá k němu rovněž odlišný pohled umělců a matematiků na svět okolo nás. Umělci se snaží zapůsobit na diváka, oslovit ho a nechat jej, aby na vlastní kůži pocítil emoce vedoucí autora k vytvoření daného díla. Umění divák prožívá, matematiku poznává.

Již od starověku zaujímá matematika v dějinách lidstva významné postavení. Ne nadarmo je označována za královnu vědních disciplín. Svůj vliv zanechala i v oblasti výtvarného umění. Neustále se rozvíjející možnosti výpočetní techniky umožnily některým současným umělcům posunout pomyslnou hranici výtvarného umění zase o kousek dál.

Spojení počítače a výtvarného umění dalo vzniknout tzv. počítačovému umění. Za počítačové umění je považováno jakékoliv využití počítače v oblasti umění. Počítač nemusí mít ústřední roli při tvorbě uměleckého díla, může se podílet pouze na jeho určitých etapách.

Z počátku mělo počítačové umění mnoho odpůrců, kteří pohlíželi na toto neobvyklé spojení s nedůvěrou. Těmito názory se nenechal odradit rodák z Loun Zdeněk Sýkora, jenž je považován za průkopníka využití počítače ve výtvarném umění. Sýkora používá počítač pouze jako nástroj, který mu umožňuje snadnější prozkoumání kombinatorických možností prvků. Toto spojení počítače a výtvarného umění nemá nic společného s počítačovou grafikou, která se týká například kreslení grafů. Práce je rozdělena do čtyř kapitol.

První kapitola obsahuje základní informace týkající se života Zdeňka Sýkory. Současně jsou zde uvedeny největší úspěchy, kterých během svého života dosáhl.

Druhá kapitola se věnuje Sýkorově tvorbě. Je zaměřena především na tvorbu kombinatorických struktur. Obrazy nazvané struktury jsou vytvořeny z jednoduchých geometrických elementů, které mají jedinečný tvar a specifický vnitřní vzor. Hlavní důraz je kladen na rozbor a popis článku *„Computer – aided mul-*

tielement geometrical abstract paintings“ z časopisu Leonardo, jehož je Sýkora spoluautorem. Na základě tohoto článku je provedena rekonstrukce Černo – bílé struktury a současně jsou zde uvedeny příklady dalších čtyř variant vytvořených podle stejných pravidel a kritérií jako zmiňovaná struktura. Jediný rozdíl je v použití relačního pravidla.

V třetí kapitole jsou definovány základní pojmy související s teorií informace. Jedná se především o pojmy entropie, redundance, informační obsah a informační tok.

Poslední kapitola popisuje praktický výpočet několika vybraných děl. Teoretické poznatky z předchozí kapitoly jsou aplikovány na výpočet dvanácti příkladů.

1. Zdeněk Sýkora

Motto : *„Několikrát v životě jsem měl pocit, že jsem ve své práci zabloudil. Do každé nové situace jsem byl pomalu vtahován silami, kterým jsem se nemohl a ani nechtěl bránit. Nové výsledky na mě vždy působily cize, přestože vznikaly spontánně a nebyly výsledkem nějakého rozhodnutí nebo úmyslu. Vždy až po delší době jsem jim začal rozumět a uvědomil jsem si, že předešly mé myšlení.“*

Zdeněk Sýkora v rozhovoru s Vítem Čapkem, 1985, [6].

1.1. Život Zdeňka Sýkory

Zdeněk Sýkora je v současné době považován za jednoho z nejuznávanějších a nejslavnějších českých umělců generace nastupující koncem 50. a začátkem 60. let minulého století. Tento významný český malíř a grafik se narodil 3. února 1920 v Lounech, kde stále žije a pracuje se svou manželkou Lenkou. Vystudoval Pedagogickou fakultu Karlovy univerzity v Praze, kde od roku 1947 působil jako učitel. V šedesátých letech 20. století se stal členem tvůrčí skupiny Křižovatka založené na podzim roku 1963 v Praze. Členy skupiny byli Vladimír Burda, Richard Fremund, Josef Hlaváček, Jiří Kolář, Běla Kolářová, Jan Kubíček, Karel Malich, Pavla Mautnerová, Vladislav Mirvald, Jiří Padrta, Otakar Slavík a Zdeněk Sýkora. Všichni tito umělci se otevřeně hlásili k dynamice a technickému pokroku moderní doby a k tzv. nové přírodě. Tímto názvem označovali svět, vzniklý přičiněním lidské vynalézavosti. Snažili se bojovat proti romantickému sentimentu a přemíře subjektivity formou založenou na geometrické objektivitě a strohosti [7].

1.2. Úspěchy Zdeňka Sýkory

Zdeňku Sýkorovi se jako jednomu z mála Čechů podařilo prorazit i v zahraničí a zapsat se tak do dějin světového umění. O tom, že je Zdeněk Sýkora vysoce uznávaným umělcem, svědčí především řada úspěchů a ocenění, které se mu podařilo získat. Jedním z nich je titul rytíře Řádu umění a literatury, udělený v roce

2003 francouzským ministrem kultury. V Rakousku získal Sýkora cenu Herbert – Boeckl – Preis a o několik let později se u nás stal nositelem Ceny Vladimíra Boudníka za rok 2008, která je pojmenovaná po průkopníkovi netradičních grafických technik. V současné době jsou jeho díla zastoupena v mnoha světových sbírkách. Jeho obrazy můžeme nalézt například ve vídeňském Muzeu moderního a současného umění či ve sbírkách Centre Pompidou v Paříži.

2. Tvorba Zdeňka Sýkory

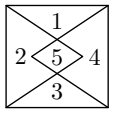
Hlavními zdroji informací této kapitoly jsou [1], [2] a [3].

Celé Sýkorovo dílo vychází z přírody a krajiny. Na počátku své tvorby se Sýkora věnoval jednak realistické krajinomalbě a jednak malbám zátiší. Nejvýznamnějším dílem této doby je Cyklus zahrad. Během následujícího několikaletého vývoje prošel mnohými proměnami malířských stylů. Od postimpressionismu, přes fauismus, až ke kubismu. Na přelomu 50. a 60. let se Sýkorova tvorba začala přiklánět k abstrakci. Postupem času dospěl geometrizací přírodních tvarů k abstraktní malbě struktur [8].

2.1. Kombinatorické struktury

Základem Sýkorových abstraktních obrazů se stávají jednoduché geometrické elementy. Sýkora maluje obrazy nazvané struktury, které vznikly opakováním jednoho či několika elementů vložených do rastru. Tyto elementy mají jedinečný tvar (většinou se jedná o čtverec nebo obdélník) a specifický vnitřní vzor.

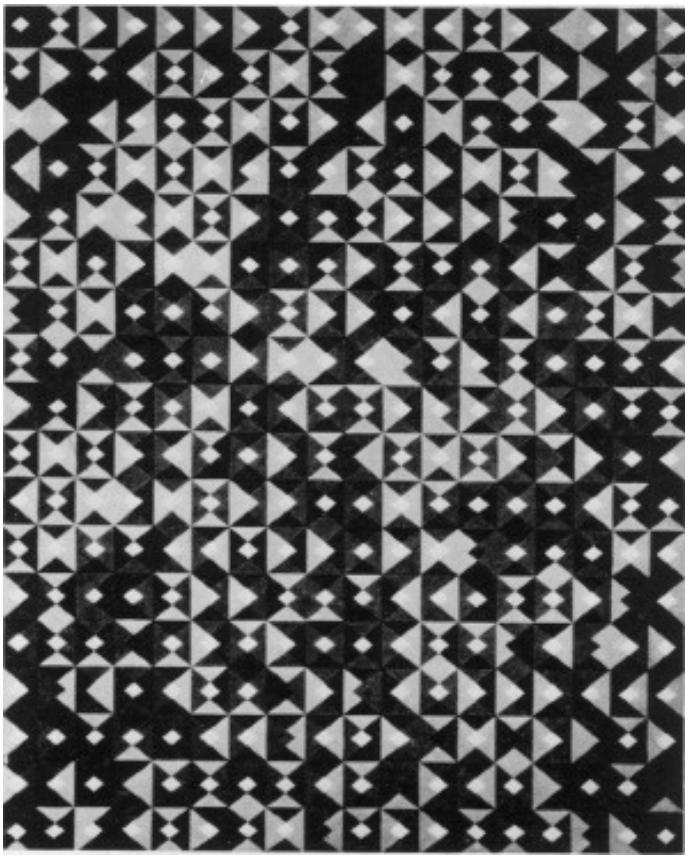
Zdeněk Sýkora je považován za průkopníka použití počítače ve výtvarném umění, které mělo na začátku mnoho odpůrců odmítajících spojení výtvarného umění a výpočetní techniky. Naštěstí neexistuje žádná pevně stanovená hranice určující, kde umění začíná a kde končí. Vše závisí na přístupu autora. Pro Sýkoru to znamenalo využít při své tvorbě možností a schopností moderní techniky, což mu umožnilo lépe prozkoumat kombinatorické možnosti vzájemných poloh několika základních tvarů tak, aby se co nejméně opakovaly [8]. Počítač však není hlavním prvkem Sýkorovy tvorby, autor jej využívá pouze jako prvek doplňující.

První strukturální obraz s názvem Šedá struktura vytvořil Sýkora v roce 1963. Plocha Šedé struktury je organizována do podoby rastru, který se skládá z 324 elementů. Základním elementem Šedé struktury je nebarevný obdélníkový element 

, skládající se uvnitř ze dvou rovnoramenných trojúhelníků mířících proti sobě, jejichž průnikem je kosočtverec. Tímto způsobem rozdělíme obdélník

na 5 částí, kde k vybarvení jednotlivých částí použijeme jednu ze 4 následujících barev. Černou, bílou nebo 2 odstíny šedé (světle šedou a tmavě šedou). Barvy se mohou opakovat. Takto získáme $4^5 = 1024$ variant různého vybarvení jediného obdélníku. Sýkora se snažil dosáhnout toho, aby se barvy co nejméně opakovaly.

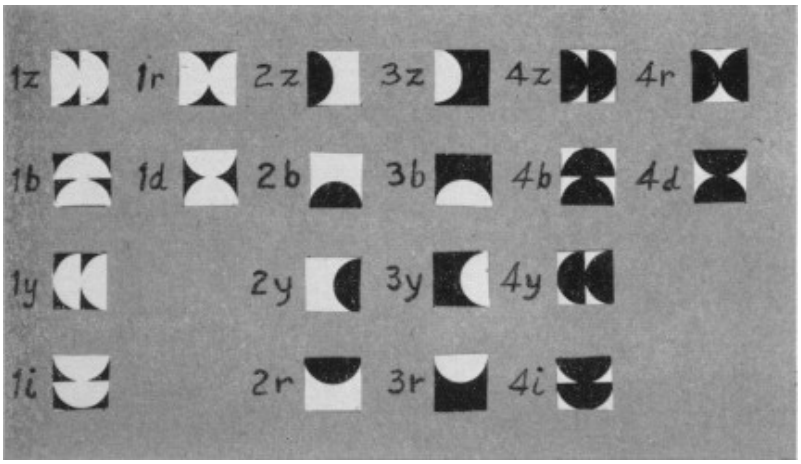
Výsledné dílo vypadá následovně.



Obr. 1: Šedá struktura, 150 × 120 cm, 1962–1963, [3]

V roce 1964 začal Sýkora, jako jeden z prvních českých umělců, zapojovat do své tvorby počítač. Spolu s matematikem Jaroslavem Blažkem, se kterým začal úzce spolupracovat, vytvořili na počítači LPG – 30 řadu programů vedoucích k úplnému vyčerpání všech možných kombinatorických možností základních elementů v obraze. O 2 roky později, konkrétně v roce 1966, vytváří Sýkora společně s matematikem Jaroslavem Blažkem Černo-bílou strukturu složenou z více tvarově odlišných elementů.

Nebarevně jsou zde místo jednoho použity hned 3 elementy , a . Postupným otáčením každého z elementů o 90 stupňů jich Sýkora získal 10. Tento počet ale ještě není konečný. Zapojením černé a bílé barvy se počet ještě zdvojnásobil. Těchto 20 elementů Sýkora rozdělil do čtyř skupin podle barevnosti. První skupina obsahuje „nejsvětlejší“ prvky. O něco „tmavší“ jsou prvky v druhé a třetí skupině a „nejtmavší“ prvky nalezneme v poslední, čtvrté skupině. Elementy z první a poslední skupiny jsou tvarově totožné. Liší se pouze jejich barevné provedení, které je přesně opačné. Naprosto stejný vztah mezi tvarem a barvou nalezneme i u prvků druhé a třetí skupiny.



Obr. 2: Základní elementy grafiky, [3]

Každému elementu v počítači byl přiřazen kód (1z, 1b, 1y, 1i, 1r ...).

Kód závisí na barvě a tvaru elementu. Pomocí kódů se určuje, jakou barvu či jaký tvar bude mít hledaný prvek.

Řekneme, že *barva pokračuje*, jestliže podél strany elementu je stejná barva jako podél strany sousedního elementu.

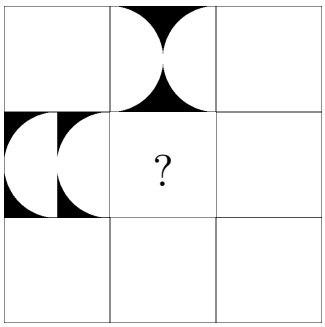
Řekneme, že *tvar pokračuje*, jestliže půlkruh jednoho elementu hraničí s půlkruhem sousedního elementu a vytváří tak úplný kruh.
Sousedním prvkem rozumíme prvek, který s dalším prvkem sdílí stranu.

Jako příklad uvedu prvek označený kódem 1r. Tento prvek pokračuje „barevně“ prvky: 1z, 2b, 2y, 2r, 3z, 4b, 4y, 4i, a 4d a „tvarově“ prvky: 1z, 2z, 3z, 4z a 4r.
Na základě těchto vlastností byla odvozena následující relační pravidla:

0. . . pokračuje barva i tvar
(např. prvek 1r pokračuje prvky : 1z a 3z)
1. . . pokračuje jen barva, ale už nepokračuje tvar
(např. prvek 1r pokračuje prvky : 2b, 2y, 2r, 4b, 4y, 4i a 4d)
2. . . nepokračuje barva, pokračuje jen tvar
(např. prvek 1r pokračuje prvky : 2z, 4z a 4r)
3. . . nepokračuje ani barva ani tvar
(např. prvek 1r pokračuje prvky : 1b, 1y, 1i, 1d, 3b, 3y a 3r)

Platí, že pokračování barvy má přednost před pokračováním tvaru. Například při určování prvku podle relačního pravidla 0 budeme v prvním kroku vybírat prvky, které pokračují barvou. V kroku druhém se už z vybraných prvků vybírají pouze ty, které pokračují tvarem.

Použití uvedených relačních pravidel si ukážeme na následujícím příkladě. Chceme určit neznámý prvek podle relačních pravidel 0, 1, 2 a 3.



Relační pravidlo 0 : Pokračuje barva i tvar.

barva : 1z, 1b, 1y, 1r, 2b, 2y, 2r, 3z, 3b, 3y, 4b, 4y, 4i, 4d
tvar : 1z, 1r, 3z

Relační pravidlo 1 : Pokračuje jen barva, ale nepokračuje tvar.

barva : 1z, 1b, 1y, 1r, 2b, 2y, 2r, 3z, 3b, 3y, 4b, 4y, 4i, 4d
nepokračuje tvar : 1b, 1y, 2b, 2y, 2r, 3b, 3y, 4b, 4y, 4i, 4d

Relační pravidlo 2 : Nepokračuje barva, pokračuje jen tvar.

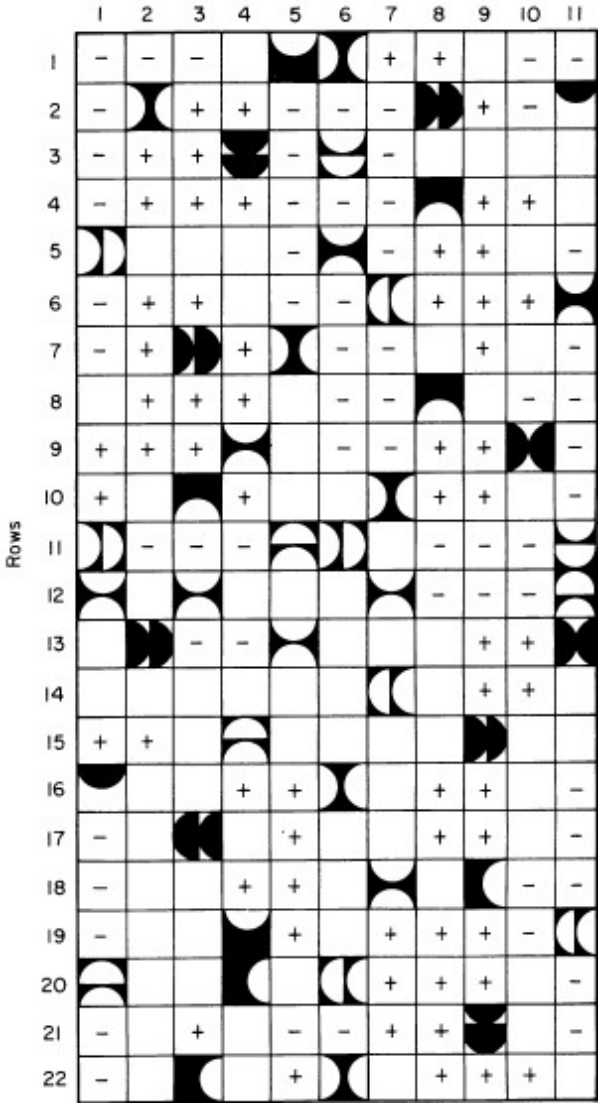
nepokračuje barva : 1b, 1y, 1i, 1d, 2z, 2b, 2y, 3b, 3y, 3r, 4z, 4b, 4y, 4r
tvar : 2z, 4z, 4r

Relační pravidlo 3 : Nepokračuje ani barva ani tvar.

nepokračuje barva : 1b, 1y, 1i, 1d, 2z, 2b, 2y, 3b, 3y, 3r, 4z, 4b, 4y, 4r
nepokračuje tvar : 1b, 1y, 1i, 1d, 2b, 2y, 3b, 3y, 3r, 4b, 4y

V případě, kdy není vybrán žádný prvek nebo existuje více vhodných prvků na jednu pozici, vstoupí do hry náhoda. Náhodu může představovat již zmiňovaný generátor náhodných čísel nebo obyčejná hrací kostka.

Obraz Černo-bílá struktura se skládá z 11 sloupců a 22 řádků. Celkem tedy obsahuje 242 znaků. Na začátku vloží autor na několika místech vstupní elementy. Konkrétně je obsazeno 46 polí na různých místech rastru. Spolu se vstupními elementy jsou ustanoveny požadavky na tzv. „zesvětlení“ a „ztmavení“ elementů. „Zesvětlením“ rozumíme přidání bílé barvy a je v obraze naznačeno znamínkem „-“. Na druhé straně „ztmavení“ znamená přidání černé barvy a značíme ho znamínkem „+“. Vstupní elementy jsou vloženy na základě autorových dlouhodobých, osobních zkušeností.



Obr. 3: Schématický náčrt malby, [3]

V neposlední řadě nesmíme zapomenout na stanovení hodnoty koeficientu změny světlosti c, která musí být větší než 0. Platí, že čím je koeficient c nižší, tím menší barevná změna v obraze nastane. U tohoto obrazu byl stanoven koeficient změny světlosti c na 0,75.

Na základě těchto zadaných údajů, jako je rozměr rastru, poloha vstupních elementů, určení relačních pravidel a stanovení koeficientu změny světlosti c, počítač vygeneruje varianty struktury, splňující předem stanová kritéria.
Pro Černo-bílou strukturu bylo zvoleno relační pravidlo 2 a koeficient $c = 0,75$. Počítač začne generovat prvky v levém horním rohu a bude postupovat směrem doprava. Až dojde na konec řádku, přejde o řádek níže a bude postupovat zprava doleva. Konečný výsledek počítač vypíše v následujícím symbolickém tvaru.

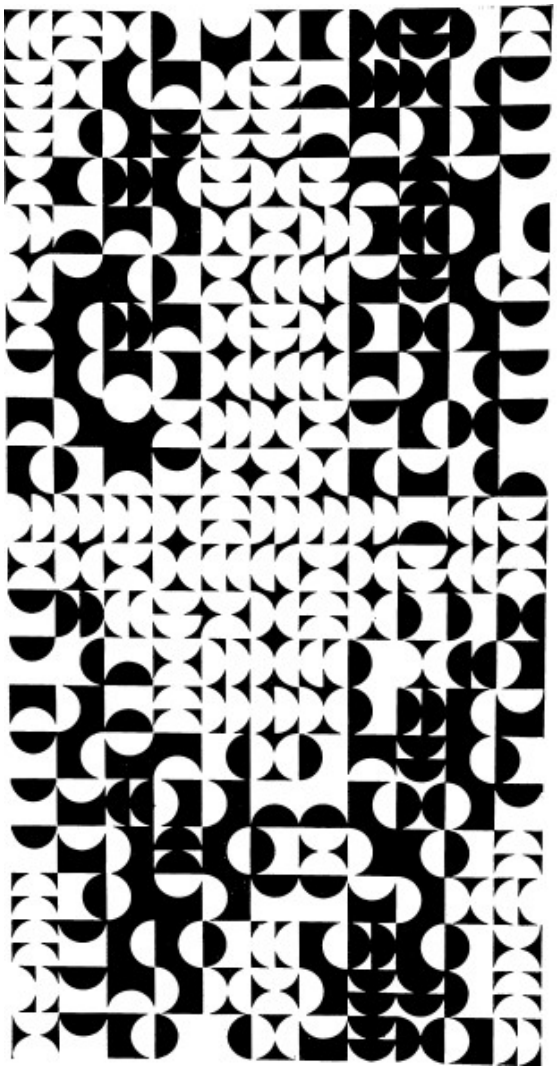
Columns

Rows	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1y	1b	1r	2z	3r	1r	3y	4r	4i	2z	1b
2	1i	1r	3y	3b	1r	1i	2b	4z	4r	2y	2r
3	1i	2y	3z	4i	1i	1i	2b	3b	3z	3z	2r
4	1d	3y	4z	3y	1i	1r	1i	3b	4b	3r	2r
5	1z	2b	3b	3z	1r	1d	1z	3z	4y	3z	2y
6	1r	3r	3y	2z	1d	1y	1y	3r	4i	3y	1d
7	1d	3y	4z	3b	1r	1i	1r	2z	4r	3z	2r
8	2r	3y	3b	3z	1r	1y	1y	3b	3z	2y	2r
9	3b	3z	3r	1d	1z	1r	1d	2r	3y	4r	2r
10	3y	2z	3b	2r	1d	1d	1r	3y	3r	2y	2b
11	1z	1z	1z	1r	1b	1z	1z	1z	2b	1y	1i
12	1d	1r	1d	1r	1y	1y	1d	1r	1i	1y	1b
13	2r	4z	1y	1i	1d	1r	1b	1r	2z	2z	4r
14	2r	2y	2b	1d	1z	1r	1y	2z	1r	4y	3z
15	3b	3y	2b	1b	1z	1z	1r	2z	4z	3y	3r
16	2r	3y	3r	3b	2y	1r	2z	3b	4i	3y	2z
17	2r	3r	4y	3z	3z	2b	2b	3y	4r	3z	2r
18	2r	3r	3z	4b	3y	2z	1d	3z	3y	2z	1b
19	1b	2y	3z	3r	3z	2r	2r	3r	3z	1r	1y
20	1b	2r	3y	3y	2z	1y	3y	4z	3y	2z	1d
21	1z	2r	3b	3z	1r	1d	3z	4i	4i	2z	1b
22	1d	2r	3y	2z	2y	1r	3r	4i	4r	3z	1z

Obr. 4: Tabulka, [3]

Vstupní elementy jsou v tabulce podrhnuty.

Konečná podoba Černo-bílé struktury:



Obr. 5: Černo-bílá struktura, 220x110, [3]

Výsledná struktura je z velké části vytvořena deterministicky, tj. na základě předem stanovených pravidel a kritérií. Pouze u nejednoznačných variant vstoupila do hry náhoda. Funkci náhody zastával generátor náhodných čísel. Pokud nešlo podle stanovených kritérií jednoznačné určit, který prvek má být dosazen na konkrétní pozici, pak počítač pomocí generátoru náhodných čísel vybral náhodně jeden prvek a ten do struktury dosadil. Sýkorovým cílem bylo, aby náhoda ovlivňovala tvorbu struktur co nejméně.

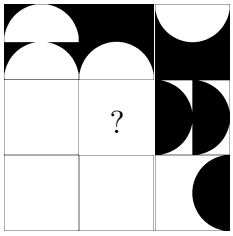
2.1.1. Postup počítače při generování prvků struktury

Počítač zahájí svou činnost v horním levém rohu a postupuje směrem doprava. Jako první bude určovat prvek v 1. řádku a v 1. sloupci.
Zkráceně budeme psát 1:1. Všech 20 prvků jsme rozdělili do 4 skupin podle barevnosti.

1. skupina : 1z, 1b, 1y, 1i, 1r, 1d
2. skupina : 2z, 2b, 2y, 2r
3. skupina : 3z, 3b, 3y, 3r
4. skupina : 4z, 4b, 4y, 4i, 4r, 4d

Prvky patřící do 1. skupiny mají intenzitu zabarvení (color density) rovnou jedné, prvky patřící do 2. skupiny mají intenzitu zabarvení rovnou dvěma, atd. Stanovení intenzity zabarvení neznámého prvku je založeno na průměrování intenzit zabarvení prvků, které známe. Týká se to známých prvků, které se neznámého dotýkají, ať už stranou nebo rohem.

Například : Chceme určit intenzitu zabarvení neznámého prvku.



Víme, že prvek 1b patří do 1. skupiny, tudíž má intenzitu zabarvení 1. Prvky 3b a 3r spadají do 3. skupiny s hodnotou intenzity zabarvení 3. Prvek 4z náleží do 4. skupiny s intenzitou zabarvení 4 a poslední prvek 2y je z 2. skupiny s intenzitou zabarvení 2.

Intenzita zabarvení neznámého prvku se vypočítá jako aritmetický průměr intenzit zabarvení $\frac{1+3+3+4+2}{5} = 2,6$. Jelikož intenzita zabarvení se udává v celých číslech 1, 2, 3 nebo 4, zvolíme si tu, která je nejblíže našemu výsledku. V našem případě je to číslo 3. Tato informace nám udává, že neznámý prvek budeme vybírat ze 3. skupiny, která obsahuje prvky 3z, 3b, 3y a 3r.

Počítač začne generovat prvky v horním levém rohu. Intenzita zabarvení prvku 1:1 se určí jednoduše. Tohoto prvku se dotýká pouze jeden známý prvek 2:2, který pochází z 1. skupiny. Na pozici 1:1 je symbol „-“, což znamená pokles intenzity zabarvení o 0,75 na hodnotu 0,25. Tato hodnota má nejblíže k jedné, tudíž prvek 1:1 budeme vybírat z 1. skupiny. V tomto případě je zcela zbytečné aplikovat na výběr prvku relační pravidlo, jelikož prvek 1:1 nemá žádný známý sousední prvek, podle kterého by se určovala barva a tvar. Počítač použije generátor náhodných čísel a vybere prvek s kódem 1y, který následně do rastru dosadí.

Nyní budeme určovat prvek 1:2. Intenzitu zabarvení tohoto prvku určíme jako průměr intenzit zabarvení prvků 1:1 a 2:2. To se rovná $\frac{1+1}{2} = 1$. Na pozici 1:2 je symbol „-“. Stejně jako prvek 1:1 budeme i prvek 1:2 vybírat z 1. skupiny. Prvky vybíráme na základě relačního pravidla 2, tj. nepokračuje barva, pokračuje jen tvar. Vybereme pouze prvky, které nepokračují barvou. Ta nesmí pokračovat jak z levé strany, tak ze zdola. Vždy musí být splněna aspoň jedna z těchto podmínek. Výsledkem jsou prvky 1b, 1y, 1i a 1d. Z této skupiny prvků vybereme jen ty, které pokračují tvarem, tj. vytvoří se sousedním prvkem kruh. Zjistíme, že ani jeden prvek tuto vlastnost nesplňuje. Proto musí dojít k opětnému zapojení generátoru náhodných čísel, který nám vybere prvek 1b.

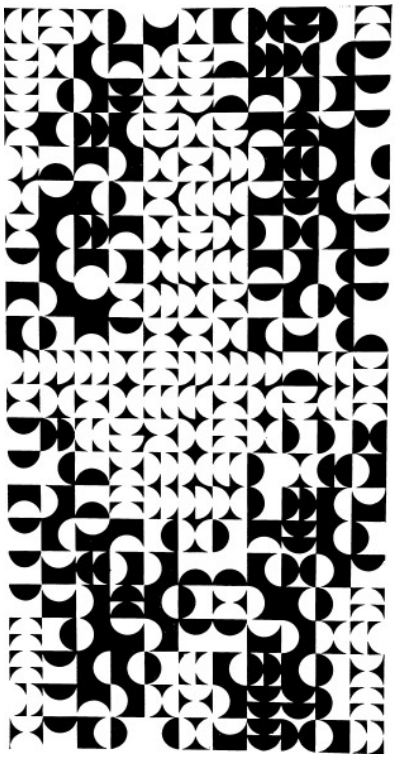
Jako poslední prvek, který si zde určíme, je prvek 2:4. Prvky 1:5 a 3:4 představují jedny ze vstupních elementů a prvky 1:3, 1:4 a 2:5 jsme určili již dříve. Intenzita zabarvení se rovná $\frac{1+2+2+1+4}{5} = 2$. Na pozici 2:4 je symbol „+“, což znamená nárůst intenzity zabarvení na 2,75. Prvek 2:4 vybíráme ze 3. skupiny. V první řadě vybereme prvky, které nepokračují barvou. Výsledkem jsou všechny prvky 3. skupiny. Z této skupiny vybereme prvky, které pokračují tvarem a zjistíme, že tvarem pokračuje pouze jeden prvek a to prvek s kódem 3b.

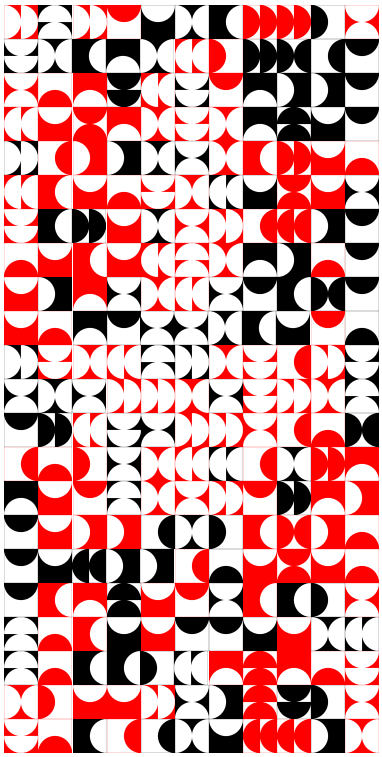
Postup se opakuje, dokud nejsou známy všechny elementy Černo – bílé struktury.

2.1.2. Jiné varianty Černo – bílé struktury

Jak by vypadal obraz, kdyby generátor náhodných čísel zvolil jiný prvek? Na základě instrukcí z článku [3] byly sestaveny varianty Černo-bílé struktury podle všech čtyř relačních pravidel. Jako generátor náhodných čísel sloužila hrací kostka. Pouze u obrazu vytvořeného pomocí relačního pravidla 2 byla snaha, obraz co nejvíce odlišit od originálu. Tzn. pokud vyšlo 2 a více prvků vhodných na konkrétní pozici, byl zvolen ten, který nebyl použit v Sýkorově Černo-bílé struktuře.

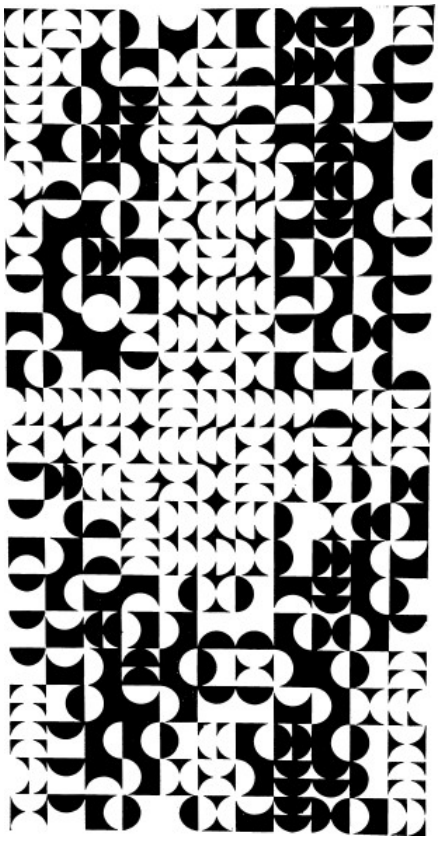
Níže můžeme vidět srovnání Sýkorova obrazu (vlevo) a obrazu vytvořeného na základě uvedeného článku (vpravo). Prvky, které se liší od originálu, jsou na obrázku znázorněny červeně. Je jich celkem 132.

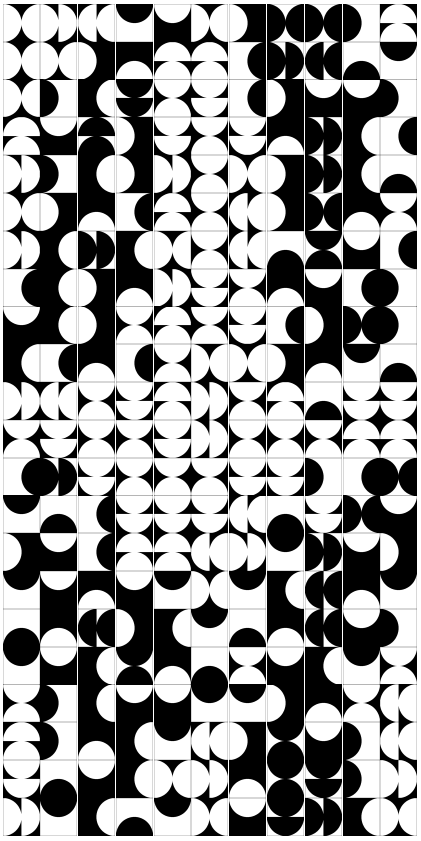




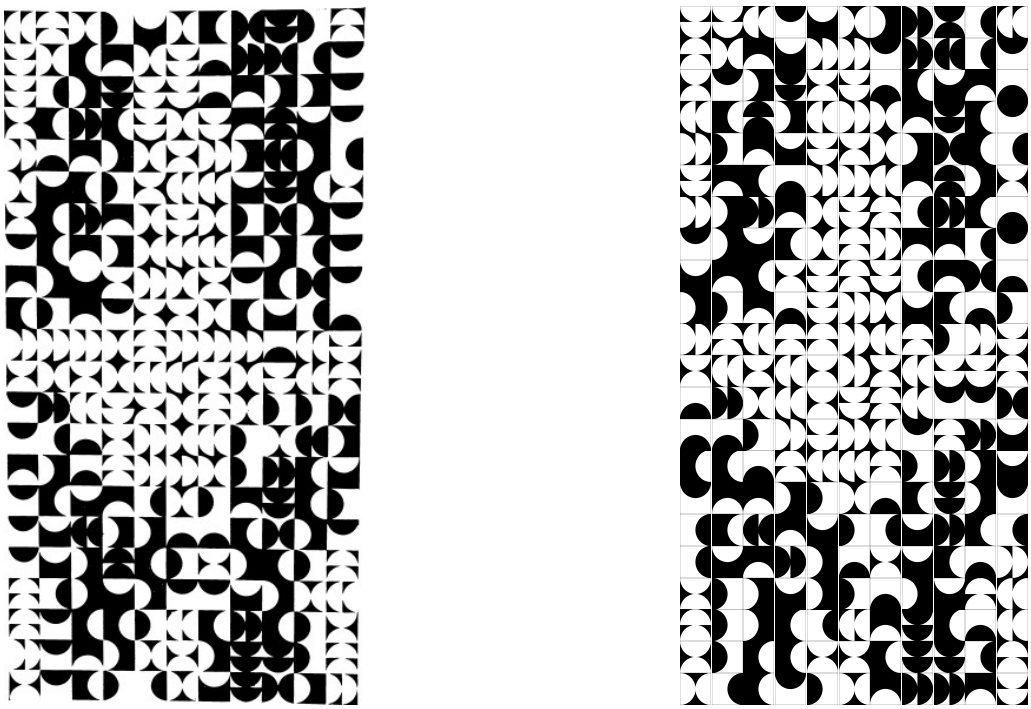
Obraz vytvořený podle relačního pravidla 2

Následující 3 obrazy byly vytvořeny podle zbývajících relačních pravidel 0, 1 a 3. Došlo pouze ke změně relačního pravidla, jinak rozměr rastru, koeficient změny světlosti či podmínky, za jakých pokračuje barva a tvar, zůstaly stejné. Pro srovnání je u každého nově vzniklého obrazu uveden i originál (vlevo). Při tvorbě obrazů se vycházelo z obr. 3.

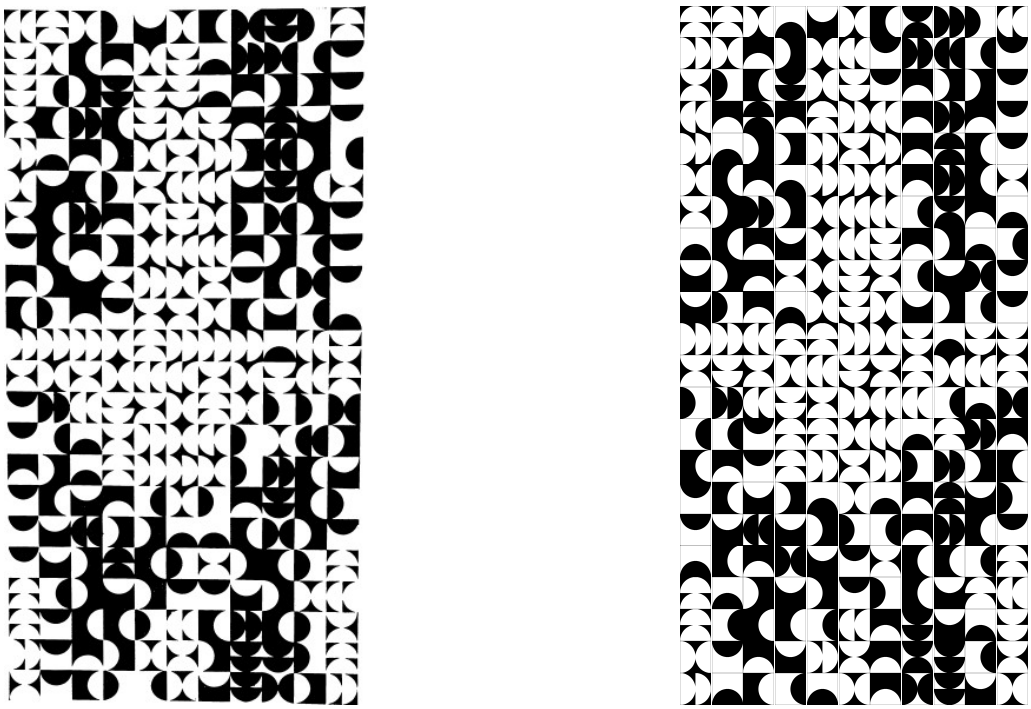




Obraz vytvořený podle relačního pravidla 0



Obraz vytvořený podle relačního pravidla 1



Obraz vytvořený podle relačního pravidla 3

Následující tabulka obsahuje výčet a počet elementů použitých v Sýkorově struktuře i v jednotlivých variantách vytvořených podle všech relačních pravidel.

elementy	**originál**	**pravidlo 0**	**pravidlo 1**	**pravidlo 2**	**pravidlo 3**
	14	12	16	14	15
	10	13	16	7	15
	13	9	18	13	17
	11	18	15	12	11
	23	14	11	25	19
	20	25	15	20	14
	17	12	13	8	8
	9	12	16	16	17
	9	14	13	11	14
	20	17	13	20	16
	23	17	16	15	15
	13	16	19	14	23
	22	18	21	16	17
	13	20	15	26	16
	7	7	11	8	9
	2	1	2	4	3
	3	4	2	4	2
	6	3	6	2	4
	7	6	3	4	4
	0	4	1	3	3

S postupem času se Sýkora přestal věnovat samotným geometrickým prvkům a začaly ho více zajímat jejich okraje. V 70. letech maluje obrazy nazývané makrostruktury, které vznikaly zvětšováním půlkruhových elementů. Jedná se o obrazy vzniklé spojováním kruhových částic bílé a černé barvy, které se náhodně setkávají a dochází tak ke vzniku linií mezi černou a bílou plochou. V současné době vyústila Sýkorova tvorba do volného cyklu Linií.

2.2. Liniové obrazy

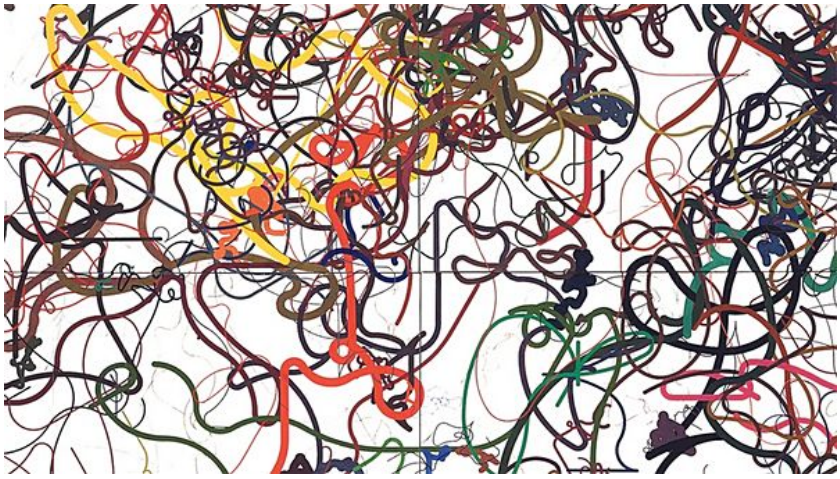
Uzavřené geometrické obrazce, se kterými jsme se setkávali doposud, již netvoří základní elementy liniových obrazů. Jak už název sám napovídá, základem tvorby liniových obrazů se staly křivky a linie, na kterých Sýkora nepřetržitě pracuje již od sedmdesátých let minulého století. Na počátku tvorby liniových obrazů jsou linie umístěny do rastru, ale s postupem času dochází k jeho vymazávání. Věci jako je průběh, počet, barva, tloušťka, křižování či směr linií závisí na náhodě generované počítačem. To je taky podstatný rozdíl mezi jeho strukturami a liniemi. Zatímco u kombinatorických struktur byla náhoda zcela vyloučena, linie se odvíjí právě od náhodně generovaných čísel. V průběhu doby se charakter obrazů přirozeně vyvíjel. Od roku 1973, kdy začaly vznikat první realizace liniových obrazů, přes obrazy se silnými a barevnými liniemi, obrazy s liniemi, které se mohou pohybovat pouze několika náhodně vybranými směry či obrazy s liniemi, které vychází pouze z několika bodů, až po první realizace linií v architektuře [9].
Když Sýkora mluví o svém umění, říká:

„Chvílemi jsem byl zděšen, kam jsem se to vlastně dostal, brzy jsem si ale uvědomil, že jsem opět na počátku. Na topolech se chvělo listí a třpytila se řeka.“

Poslední věta souvisí s tím, že i přes technologický pokrok a matematiku se navrací opět k přírodě, odkud celé Sýkorovo dílo vychází [8].

Jak vlastně vzniká takový liniový obraz? Na začátku je třeba si stanovit pár základních věcí jako barevnost obrazu, počet linií na něm či velikost a tvar formátu. O zbytku už potom rozhoduje náhoda aplikovaná do systému s použitím náhodných čísel. Z počítače vyjede jen řada náhodných čísel, které jsou jiné pro barvu, délku, směr a velikost jednotlivých linií. Nakonec nezbývá nic jiného než obraz namalovat na plátno [10].

Jedním z nejvýznamnějších Sýkorových obrazů z období Linií se stal obraz s názvem Linie č. 24., zvaná také Poslední soud. Jedná se o dílo, jež se stalo součástí stálé expozice v Centre Pompidou v Paříži. Práce na vytvoření takto velkorozměrného díla, shrnujícího jeho veškeré dosavadní postupy, trvala celý rok. Tento čtyřdílný obraz o rozměrech 3x3 metry je namalován na bílém plátně, na němž se vzájemně proplétají různě barevné linie.



Obr. 6: Linie č. 24 Poslední soud, 1984, olej/plátno, 300 x 300 cm, [13]

Sýkora je také autorem několika realizací v architektuře. Jedná se například o keramickou stěnu Polského informačního střediska v Jindřišské ulici v Praze nebo o čtyři odvětrávací komíny Letenského tunelu, které umělec v roce 1969 obložil černobílou mozaikou. Největší realizací linií v architektuře se stala výzdoba vstupní haly Střediska řízení leteckého provozu České republiky v Jenči u Prahy. Sýkora se prosadil v architektuře i mimo Českou republiku. Konkrétně se jedná o nizozemské město Gorinchem, kde se lidé procházejí přímo po chodníku podle návrhu Zdeňka Sýkory [11].

3. Teorie informace

Tato kapitola čerpá především z [1].

Zkoumání uměleckých děl na základě teorie informace je založeno na elementální struktualizaci. Míra informace určuje míru složitosti formy, tj. způsob organizování. Tímto se odlišuje od syntaktického rozboru, který můžeme nalézt například v lingvistice.

3.1. Úvod do problematiky teorie informace

Slovo informace pochází z latinského slova in-formatio, což v překladu znamená utváření, ztvárnění. Jedná se o velmi široký pojem užívaný v mnoha významech. Nejčastěji tímto slovem rozumíme jakoukoli zprávu či sdělení. V této práci se budeme zabývat matematickým přístupem k informaci. Z tohoto hlediska informací rozumíme obsah zprávy, který je definován jako záporný dvojkový logaritmus její pravděpodobnosti.

Důležitým pojmem v této kapitole je míra informace neboli entropie. Entropie je veličina s velkým významem. Je jedním ze základních pojmů, které můžeme nalézt ve fyzice, matematice či v mnoha jiných oblastech vědy. Slovo entropie pochází z řeckého slova entropein – odvracet, který zavedl v roce 1865 Rudolf Clausius. Velmi často se taky můžeme setkat s názvem Shannonova entropie podle Claude E. Shannona, který pomohl zformulovat mnoho klíčových poznatků teoretické informatiky. Shannon funkci H nazval entropií, protože mu to poradil John von Neumann. Údajně takto:

„Měl byste tomu říkat entropie ze dvou důvodů. Za prvé vaše funkce nejistoty se užívá ve statistické mechanice pod tímto jménem a tak už má jméno. A za druhé, což je mnohem důležitější, nikdo neví, co entropie opravdu je, tak ve sporu budete vždy mít výhodu“ [12].

3.2. Základní pojmy teorie informace

Entropie H určuje střední hodnotu míry informace potřebné k odstranění neurčitosti dané konečným počtem vzájemně se vylučujících výskytů znaků.

Z této definice vyplývají následující vlastnosti :

1. Hodnota entropie je nezáporná.
2. Malá změna pravděpodobnosti výskytu znaku způsobí malou změnu entropie.
3. Hodnota entropie nezávisí na pořadí v jakém jsou přijímány její znaky.

Entropie je dána funkcí H, která se počítá podle vzorce

$$H = -\sum_{i=1}^{n} \frac{N_i}{N} \log_2 \frac{N_i}{N},$$

kde N_i je počet opakování znaku i a N je celkový počet znaků v díle. Přitom platí, že $N = \sum_{i=1}^{n} N_i$. Zkráceně lze vzorec napsat takto

$$H = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log_2 p_i,$$

kde $p_i = \frac{N_i}{N}$.

Základní jednotkou entropie je bit. Tento název vznikl uměle z anglických slov **BI**nary digi**T** (dvojková číslice).

Entropie dosahuje svého maxima pro rovnoměrné rozdělení každého znaku. Tuto entropii označíme jako H_{max}. Zároveň platí, že

$$p(z_1) = p(z_2) = \ldots = p(z_n).$$

Vztah mezi entropií a maximální entropií popisuje *redundance* neboli nadbytečnost. Ta zkvalitňuje spolehlivost přenosu informace tak, že odstraňuje vliv šumu, čímž dochází ke zvyšující se srozumitelnosti a estetickému obsahu zprávy.

Tato míra se určí ze vztahu

$$R = \frac{H_{max} - H}{H_{max}} = 1 - \frac{H}{H_{max}}.$$

Relativní redundance h se vypočítá jako podíl entropie H a maximální entropie H_{max}. Tedy

$$h = \frac{H}{H_{max}}$$

a platí vztah, že $R = 1 - h$.

Dalším důležitým pojmem používaným v teorii informace je *informační obsah* zprávy, který se spočítá pomocí vzorce

$$I = N.H = -N \sum_{i=1}^{n} p_i \log_2 p_i.$$

V případě, že každý znak se vyskytuje v díle pouze jednou, platí

$$I = N.H = -N \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{N} \log_2 \frac{1}{N} = N. \log_2 N.$$

Následující veličina hodnotí míru přenosu informace. Jedná se *informační tok* $\bar{I}$, který je dán vztahem

$$\bar{I} = \frac{I}{T}.$$

Tento vztah udává, jaké množství informací v bitech se přenese za jednotku času v sekundách. Přenosové vlastnosti kanálu se hodnotí *kapacitou kanálu*

$$C_k = \mathrm{Sup}(\bar{I}).$$

Jde o maximální informační tok, který může kanál propustit. Pro přenos musí platit následující podmínka

$$C_k > \bar{I}.$$

Podmínka nám říká, že kapacita kanálu musí být větší než informační tok. Pokud podmínka není splněna, kanál celý tok nepropustí a dojde k omezení zprávy. Tato podmínka se nazývá Shannonova podmínka, podle již zmiňovaného Claude E. Shannona.

S kapacitou kanálu souvisí informačně – psychologické předpoklady člověka, kde smyslové orgány spolu s nervovým centrem představují vlastní komunikační kanál, přes který přechází informační tok od uměleckého díla.

Vnímání člověka je určeno krátkodobou pamětí, pohybující se v rozmezí 5 až 12 sekund. Nejčastěji se bere v úvahu tzv. prezenční čas T, který byl stanoven na 8 sekund.

Různými experimenty se stanovilo rozmezí kapacity kanálu, který je od 12 až 25 bit . s^{-1}. Jako odhad se obvykle bere $C_k = 16$ bit . s^{-1}.
Obsah krátkodobé paměti je daný vzorcem

$$K_k = C_k.T = 128 \quad \text{bit}.$$

Tuto hodnotu bereme v informační estetice jako kritérium srozumitelnosti díla.

4. Estetická numerika

4.1. Praktický výpočet vybraných děl

Hlavním zdrojem informací je [1].

Předcházející teorii se nyní pokusíme blíže vysvětlit na následujících příkladech. Teorii informace aplikujeme na rozbor několika výtvarných děl Zdeňka Sýkory.

Na začátku si umělecké dílo označíme jako zprávu Z. Tato zpráva se pak skládá z jednotlivých elementů nebo-li znaků, které značíme $z_1, z_2, z_3, \ldots, z_n$. Platí, že

$$Z = \{z_1, z_2, z_3, \ldots, z_n\} = \{z_i\}, \quad i = 1, 2, 3, \ldots, n.$$

Množství míry informace závisí na výpočtu pravděpodobností jednotlivých znaků ve zprávě **Z**. Můžeme to zapsat ve formě tabulky.

z_i	z_1	z_2	z_3	$\ldots$	z_n
p_i	p_1	p_2	p_3	$\ldots$	p_n

Hodnoty jednotlivých pravděpodobností získáme následujícím výpočtem

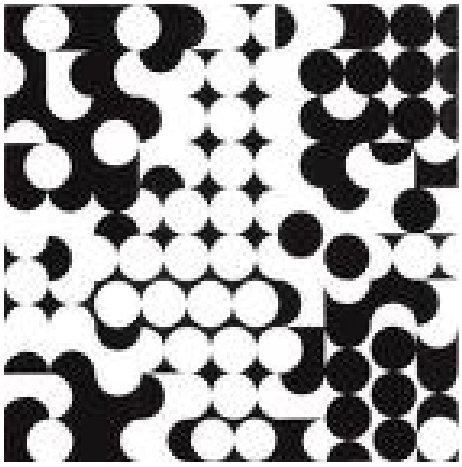
$$p_i = \frac{\text{počet výskytu prvku} z_i}{\text{celkový počet prvků } z_i}.$$

Zároveň musí platit

$$0 \leq p_i \leq 1$$

$$\sum_{i=1}^{n} p_i = 1.$$

Příklad 1 : Prvním dílem bude obraz s názvem Černo – bílá struktura.



Obr. 7: Černo-bílá struktura, 1965, olej/plátno, 99,5 x 99,5 cm, [14]

Tato struktura se skládá ze 100 prvků, ozn. $N = 100$. Celkový počet prvků rozdělíme podle znaků do 14 skupin, ozn. z_i, kde i=1,...,14.

z_1-černý čtverec s bílým půlkruhem vpravo

z_2-černý čtverec s bílým půlkruhem vlevo

z_3-černý čtverec s bílým půlkruhem dole

$\vdots$

z_{14}-bílý čtverec s černým kruhem

Schéma uspořádání :

z_i	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{12}	z_{13}	z_{14}
N_i	8	8	3	7	6	8	5	8	3	21	5	7	7	4

Jednoduchým způsobem určíme jednotlivé pravděpodobnosti znaků jako podíl znaku z_i k celkovému počtu znaků.

$p(z_1) = \frac{8}{100} = 0,08$

$p(z_2) = \frac{8}{100} = 0,08$

$\vdots$

$p(z_{14}) = \frac{4}{100} = 0,04$

Platí, že $p(z_i) = p_i$. Dosazením do vztahu pro entropii

$$H = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log_2 p_i$$

dostaneme, že $H = 3,6095$ bit.

V předchozí části jsme řekli, že entropie dosahuje svého maxima pro rovnoměrné rozdělení každého znaku, tj. pro $\frac{100}{14}$ a pro stejné pravděpodobnosti, tj.

$$p(z_1) = p(z_2) = \ldots = p(z_{14}) = \frac{\frac{100}{14}}{\frac{100}{1}} = \frac{1}{14}.$$

Maximální entropie dosahuje hodnoty $H_{max} = 3,8064$ bit. Vidíme tedy, že entropie H není maximální. Informační obsah zprávy vypočítáme jednoduše podle vzorce $I = N.H = 360,95$ bit.

Dalším výpočtem určíme redundanci, neboli nadbytečnost.

$$R = \frac{H_{max} - H}{H_{max}} = 0,0517 \doteq 5,17\%$$

Stejný výsledek dostaneme z informačního obsahu zprávy při rovnoměrném rozdělení, kde $I_{max} = N.H_{max} = 380,64$.

$$R = \frac{I_{max} - I}{I_{max}} = 0,0517 \doteq 5,17\%.$$

Míru přenosu informací neboli informační tok vypočítáme podle vzorce, kde za čas T bereme prezenční čas, který je roven 8 sekundám. Tedy

$$\bar{I} = \frac{I}{T} = \frac{360,95}{8} = 45,1188 \quad \text{bit . s}^{-1}.$$

Aby bylo dílo zapamatovatelné, musí být splněna Shannonova podmínka, tj. musí platit $C_k > \bar{I}$. Jako odhad se obvykle bere $C_k = 16$ bit . s^{-1}. V našem případě tedy není kapacita kanálu větší než informační tok, tudíž si dílo nemůžeme zapamatovat v prezenčním čase.

Příklad 2 : Druhé dílo, které budeme zkoumat, se nazývá Šedo – bílá struktura. Tato struktura obsahuje celkem 34 prvků, které lze rozdělit do 12 skupin.

Obr. 8: Šedo-bílá struktura, 1975, serigrafie, 69,5 x 50 cm, [4]

Schéma uspořádání :

z_i	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{12}
N_i	3	3	2	1	2	2	5	3	2	2	1	8

Stejným postupem jako v příkladě 1 získáme následující hodnoty.

$$\begin{aligned} H &= 2,8347 \\ H_{max} &= 3,5841 \\ I &= 96,3798 \\ R = 0,2091 &= 20,91\% \\ \bar{I} &= 12,0475 \end{aligned}$$

Je splněna Shannonova podmínka, tedy platí $C_k > \bar{I}$ a tudíž dílo je zapamatovatelné.

Příklad 3 : Třetím dílem bude Hnědo – bílá struktura.

Obr. 9:Hnědo-bílá struktura, 1973, serigrafie, 51 x 51 cm, [4]

Struktura obsahuje celkem 59 prvků, které lze rozdělit do 12 skupin.
Schéma uspořádání :

z_i	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{12}
N_i	5	5	2	1	6	6	7	11	2	3	10	1

$$
\begin{aligned}
H &= 3,273 \\
H_{max} &= 3,5841 \\
I &= 193,107 \\
R = 0,0868 &= 8,68\% \\
\bar{I} &= 24,1384
\end{aligned}
$$

Platí $C_k < \bar{I}$. Není splněna Shannonova podmínka. Dílo je nezapamatovatelné.

Příklad 4 : Čtvrté dílo se nazývá Černo – bílá struktura.

Obr. 10: Černo-bílá struktura, 1970, serigrafie, 59 x 42 cm, [4]

Struktura obsahuje celkem 82 prvků, které lze rozdělit do 19 skupin.

Schéma uspořádání :

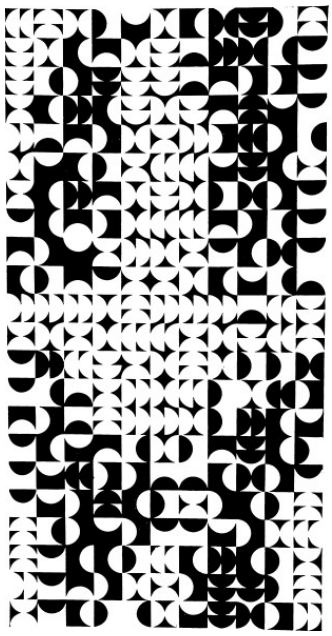
z_i	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{12}
N_i	4	5	5	6	3	8	3	5	7	4	5	5

z_i	z_{13}	z_{14}	z_{15}	z_{16}	z_{17}	z_{18}	z_{19}
N_i	1	9	3	3	2	1	3

$$
\begin{aligned}
H &= 4,0718 \\
H_{max} &= 4,2463 \\
I &= 333,8876 \\
R = 0,0411 &= 4,11\% \\
\bar{I} &= 41,736
\end{aligned}
$$

Platí $C_k < \bar{I}$. Není splněna Shannonova podmínka. Dílo je nezapamatovatelné.

Příklad 5 : Páté dílo se nazývá Černo – bílá struktura.



Obr. 5: Černo-bílá struktura, 1968, serigrafie, 87,5 x 43,5 cm

Struktura obsahuje celkem 242 prvků, které lze rozdělit do 19 skupin.

Schéma uspořádání :

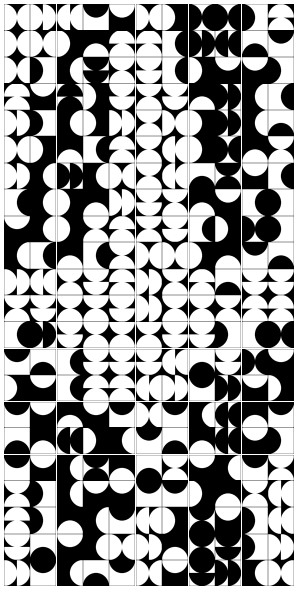
z_i	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{12}
N_i	14	10	13	11	23	20	17	9	9	20	23	13

z_i	z_{13}	z_{14}	z_{15}	z_{16}	z_{17}	z_{18}	z_{19}
N_i	22	13	7	2	3	6	7

$$
\begin{aligned}
H &= 4,0504 \\
H_{max} &= 4,2488 \\
I &= 980,1968 \\
R = 0,0628 &= 6,28\% \\
\bar{I} &= 122,5246
\end{aligned}
$$

Platí $C_k < \bar{I}$. Není splněna Shannonova podmínka. Dílo je nezapamatovatelné.

Příklad 6 : Černo – bílá struktura vzniklá podle nultého relačního pravidla.



Obr. 11

Struktura obsahuje celkem 242 prvků, které lze rozdělit do 20 skupin.

Schéma uspořádání :

z_i	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{12}
N_i	12	13	9	18	14	25	12	12	14	17	17	16

z_i	z_{13}	z_{14}	z_{15}	z_{16}	z_{17}	z_{18}	z_{19}	z_{20}
N_i	18	20	7	1	4	3	6	4

$$H = 4,1009$$

$$H_{max} = 4,3219$$

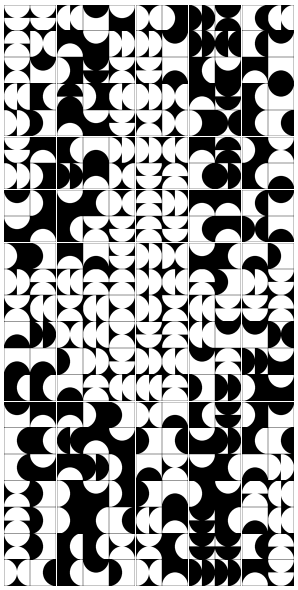
$$I = 992,4178$$

$$R = 0,0511 = 5,11\%$$

$$\bar{I} = 124,0522$$

Platí $C_k < \bar{I}$. Není splněna Shannonova podmínka. Dílo je nezapamatovatelné.

Příklad 7 : Černo – bílá struktura vzniklá podle prvního relačního pravidla.



Obr. 12

Struktura obsahuje celkem 242 prvků, které lze rozdělit do 20 skupin.

Schéma uspořádání :

z_i	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{12}
N_i	16	16	18	15	11	15	13	16	13	13	16	19

z_i	z_{13}	z_{14}	z_{15}	z_{16}	z_{17}	z_{18}	z_{19}	z_{20}
N_i	21	15	11	2	2	6	3	1

$$H = 4,099$$

$$H_{max} = 4,3219$$

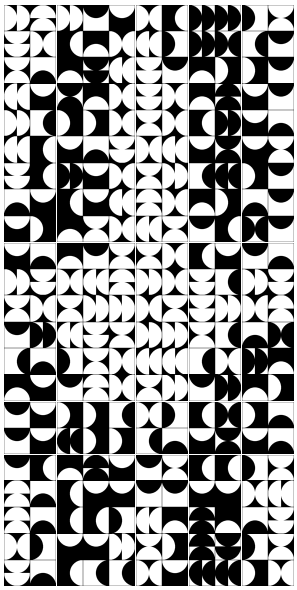
$$I = 991,958$$

$$R = 0,0516 = 5,16\%$$

$$\bar{I} = 123,9948$$

Platí $C_k < \bar{I}$. Není splněna Shannonova podmínka. Dílo je nezapamatovatelné.

Příklad 8 : Černo – bílá struktura vzniklá podle druhého relačního pravidla.



Obr. 13

Struktura obsahuje celkem 242 prvků, které lze rozdělit do 20 skupin.

Schéma uspořádání :

z_i	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{12}
N_i	14	7	13	12	25	20	8	16	11	20	15	14

z_i	z_{13}	z_{14}	z_{15}	z_{16}	z_{17}	z_{18}	z_{19}	z_{20}
N_i	16	26	8	4	4	2	4	3

$$H = 4,0678$$

$$H_{max} = 4,3219$$

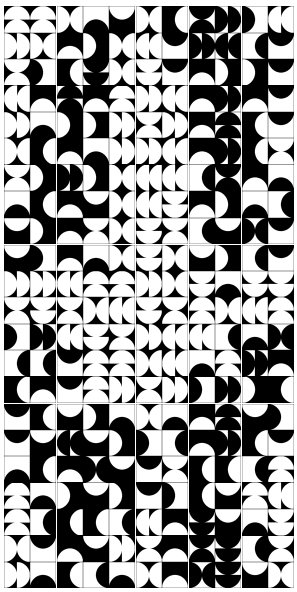
$$I = 984,4076$$

$$R = 0,0588 = 5,88\%$$

$$\bar{I} = 123,051$$

Platí $C_k < \bar{I}$. Není splněna Shannonova podmínka. Dílo je nezapamatovatelné.

Příklad 9 : Černo – bílá struktura vzniklá podle třetího relačního pravidla.



Obr. 14

Struktura obsahuje celkem 242 prvků, které lze rozdělit do 20 skupin.

Schéma uspořádání :

z_i	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{12}
N_i	15	15	17	11	19	14	8	17	14	16	15	23

z_i	z_{13}	z_{14}	z_{15}	z_{16}	z_{17}	z_{18}	z_{19}	z_{20}
N_i	17	16	9	3	2	4	4	3

$$H = 4,1102$$

$$H_{max} = 4,3219$$

$$I = 994,6684$$

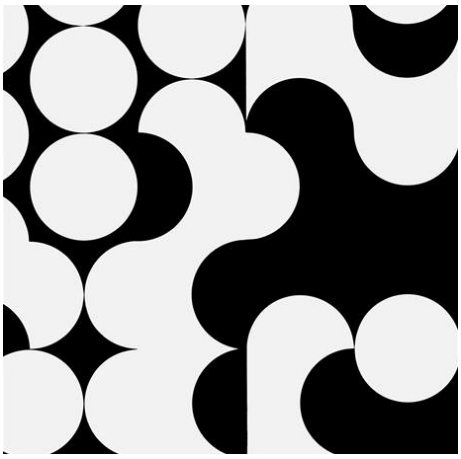
$$R = 0,049 = 4,9\%$$

$$\bar{I} = 124,3336$$

Platí $C_k < \bar{I}$. Není splněna Shannonova podmínka. Dílo je nezapamatovatelné.

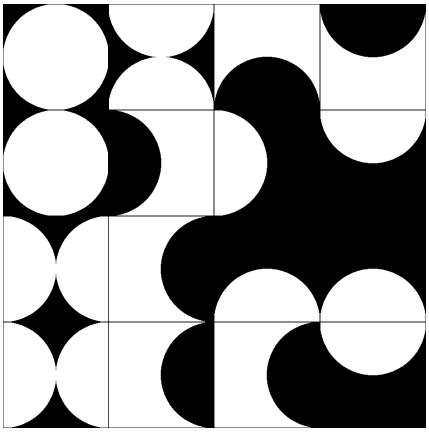
Problém s výpočtem může nastat u makrostruktur, jež vznikly zvětšováním některých detailů u půlkruhových elementů. Potíž nastává v okamžiku, kdy zvětšenou část nelze zasadit do rastru, aniž by část elementu chyběla či přečnívala. Existuje několik způsobů, jak se s nastálou záležitostí vypořádat.

Odlišné způsoby výpočtů si ukážeme na následující makrostruktuře.



Obr. 15: Makrostruktura, olej, 1971-1972, [15]

Příklad 10 : K výpočtu použijeme jen ty elementy, které vyplňují celé pole rastru. Budeme počítat pouze s 16 elementy, které lze rozdělit do 10 skupin. Tento způsob výpočtu není zcela vhodný, protože nám podává zkreslené výsledky, vzniklé vynecháním necelých elementů.



Obr. 16

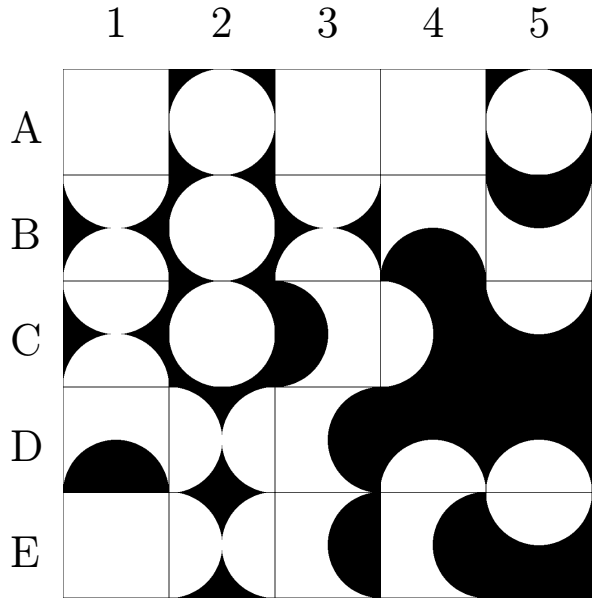
Schéma uspořádání :

z_i	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}
N_i	2	2	3	1	1	2	1	1	2	1

$$
\begin{aligned}
H &= 3,2028 \\
H_{max} &= 3,3219 \\
I &= 51,2448 \\
R = 0,0359 &= 3,59\% \\
\bar{I} &= 6,4056
\end{aligned}
$$

Platí $C_k > \bar{I}$. Je splněna Shannonova podmínka. Dílo je tudíž zapamatovatelné.

Příklad 11 : U následujícího výpočtu využijeme všech elementů a to tím způsobem, že neúplné elementy do pole rastru jednoduše doplníme. Celkem budeme doplňovat 9 elementů. Při doplňování vycházíme z elementů použitých v této Makrostruktuře.



Elementy B1, C1, D1, A2 a A5 určíme jednoduše. Existuje totiž pouze jediná možnost jejich doplnění.

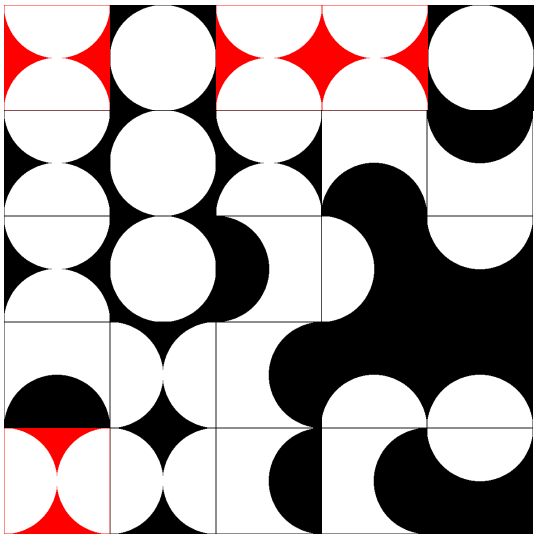
Problém nastává u zbývajících 4 elementů. Konkrétně se jedná o elementy A1, E1, A3 a A4, které nelze doplnit jednoznačně. U těchto elementů existují vždy 2 varianty jejich doplnění. Tzn. dohromady existuje přesně 16 možností, jak danou Makrostrukturu vytvořit.

Výsledky všech obrazů jsou uvedeny v následující tabulce.

Číslo obrazu	H	H_{max}	I	R v %	$\bar{I}$
17	3,2391	3,4593	80,9775	6,37	10,1222
18	3,2537	3,4593	81,3425	5,94	10,1678
19	3,2537	3,4593	81,3425	5,94	10,1678
20	3,2537	3,4593	81,3425	5,94	10,1678

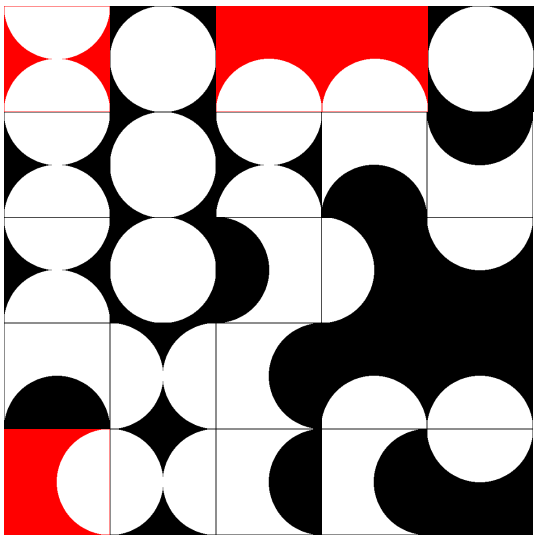
Číslo obrazu	H	H_{max}	I	R v %	$\bar{I}$
21	3,2391	3,4593	80,9775	6,37	10,1222
22	3,2391	3,4593	80,9775	6,37	10,1222
23	3,2391	3,4593	80,9775	6,37	10,1222
24	3,1933	3,4593	79,8325	7,69	9,9791
25	3,0831	3,3219	77,0775	7,19	9,6347
26	3,1289	3,3219	78,2225	5,81	9,7778
27	3,1289	3,3219	78,2225	5,81	9,7778
28	3,1289	3,3219	78,2225	5,81	9,7778
29	3,1435	3,3219	78,5875	5,37	9,8234
30	3,1435	3,3219	78,5875	5,37	9,8234
31	3,1435	3,3219	78,5875	5,37	9,8234
32	3,1289	3,3219	78,2225	5,81	9,7778

Z výsledků je patrné, že nejlepší hodnotu informačního toku má obraz číslo 25 a to s hodnotou 9,6347 bit . s^{-1}.

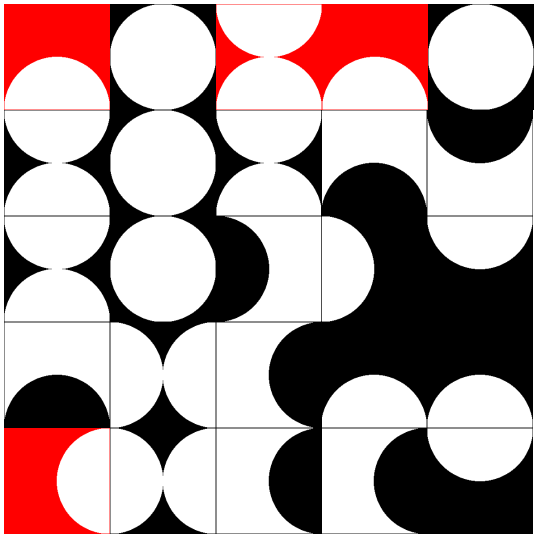


Obr. 25

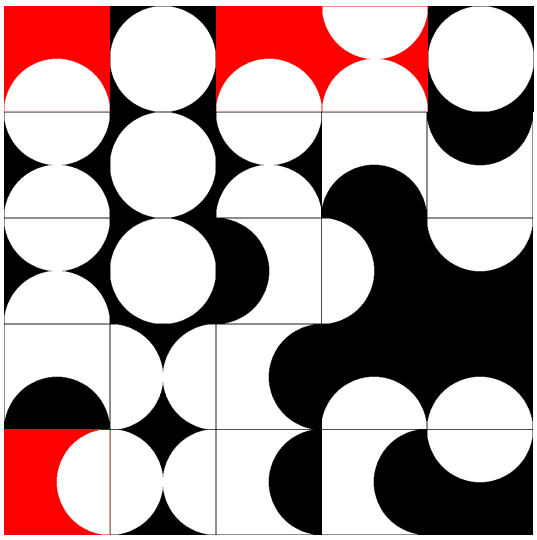
Na druhé straně nejhorší hodnotu informačního toku nalezneme u více obrazů. Jedná se o obrazy s čísly 18, 19, a 20. Hodnota obrazů je rovna 10,1678 bit . s^{-1}.



Obr. 18



Obr. 19



Obr. 20

Všech 16 možností obrazu je možno nalézt v příloze, v zadní části této diplomové práce.

Příklad 12 : Předcházející 2 způsoby výpočtů Makrostruktury nejsou zcela vhodné, jelikož nám podávají nepřesné informace týkající se výpočtů Makrostruktury. Nejpřesnější hodnoty by měl podat následující výpočet. Budeme vycházet z obr. 15.

Podstata přesnosti výpočtu tkví ve změně rozrastrování obrazu. Základním prvkem se stane $\frac{1}{16}$ předcházejících elementů, což nám umožní do výpočtu zahrnout i část elementu, která není kompletní. Tím výpočet získá na přesnosti. Již nebudeme počítat s 16 či 25 elementy, ale rovnou s 289 elementy, které lze rozdělit do 26 skupin.
Schéma uspořádání :

z_i	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{12}	z_{13}
N_i	9	7	8	8	10	13	7	9	10	10	12	10	86

z_i	z_{14}	z_{15}	z_{16}	z_{17}	z_{18}	z_{19}	z_{20}	z_{20}	z_{20}	z_{20}	z_{20}	z_{20}	z_{20}
N_i	52	4	4	4	2	3	3	4	4	4	2	2	2

$$
\begin{aligned}
H &= 3,7338 \\
H_{max} &= 4,7037 \\
I &= 1079,0682 \\
R = 0,2062 &= 20,62\% \\
\bar{I} &= 134,8835
\end{aligned}
$$

Platí $C_k < \bar{I}$. Není splněna Shannonova podmínka. Dílo je nezapamatovatelné.

4.2. Závěrečné zhodnocení

Příklad	Zkoumané dílo	Hodnota informačního toku (bit . s^{-1})
2	Šedo – bílá struktura	12,8347
3	Hnědo – bílá struktura	24,1384
4	Černo – bílá struktura	41,736
1	Černo – bílá struktura	45,1188

Z uvedených 4 obrazů je pouze obraz s názvem Šedo – bílá struktura zapamatovatelný. Zbývající 3 obrazy přesáhly hranici kapacity kanálu, která byla stanovena na 16 bitů . s^{-1}.

Příklady 5, 6, 7, 8 a 9 se věnují výpočtu Černo – bílé struktury a jejích variací zahrnující použití všech 4 relačních pavidel.

Příklad	Zkoumané dílo	Hodnota informačního toku
5	Černo – bílá struktura (originál)	122,5246
8	Černo – bílá struktura (pravidlo 2)	123,051
7	Černo – bílá struktura (pravidlo 1)	123,9948
6	Černo – bílá struktura (pravidlo 0)	124,0522
9	Černo – bílá struktura (pravidlo 3)	124,3336

Všechna uvedená díla jsou nezapamatovatelná. Nejlepší hodnotu z této skupiny příkladů má Sýkorův originální obraz. Na druhé straně nejhorší hodnotu nalezneme u obrazu vytvořeného podle relačního pravidla 3.

Poslední skupina příkladů se týká různých způsobů výpočtu Makrostruktury. Jedná se o příklady 10, 11 a 12.

Příklad	Zkoumané dílo	Hodnota informačního toku (bit . s^{-1})
10	Makrostruktura	6,4056
11	Makrostruktura	9,6347
12	Makrostruktura	134,8835

První dva výsledky z poslední skupiny příkladů se značně liší od výsledku získaného z příkladu 12. Zatím co obrazy z příkladů 10 a 11 splňují Shannonovu podmínku a jsou brány jako zapamatovatelné, tak hodnota výsledku posledního příkladu je daleko za hranicí zapamatovatelnosti. Tento výrazný nepoměr je způsoben změnou rastru. U posledního příkladu došlo k několikanásobnému nárůstu počtu elementů, což vedlo k nezapamatovatelnosti díla.

Závěr

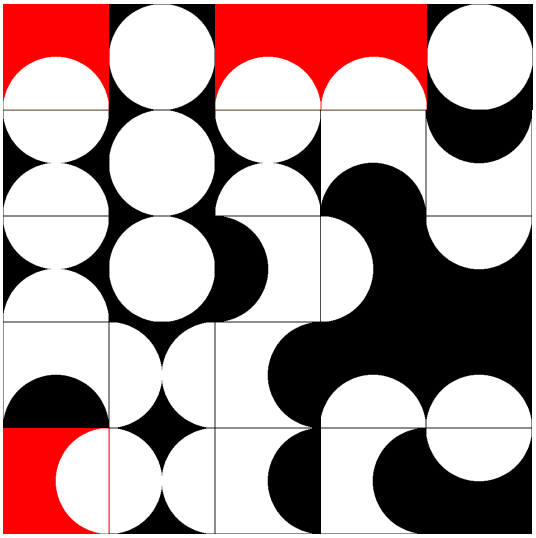
Hlavním cílem práce bylo nastudovat článek z časopisu Leonardo a na základě získaných informací provést rekonstrukci Černo – bílé struktury.

Snahou Zdeňka Sýkory bylo vytvořit strukturu z velké části deterministicky, tj. podle předem stanovených pravidel a kritérií. Pouze u nejednoznačných variant vstoupila do hry náhoda. Pomocí stejných pravidel a kriterií byly vytvořeny další čtyři varianty Černo – bílé struktury. Základní údaje týkající se rozměru rastru, koeficientu změny světlosti či polohy vstupních elementů zůstaly stejné. Došlo pouze ke změně relačního pravidla. Na každou ze čtyř variant bylo aplikováno jiné. Jako generátor náhodných čísel zde sloužila hrací kostka.

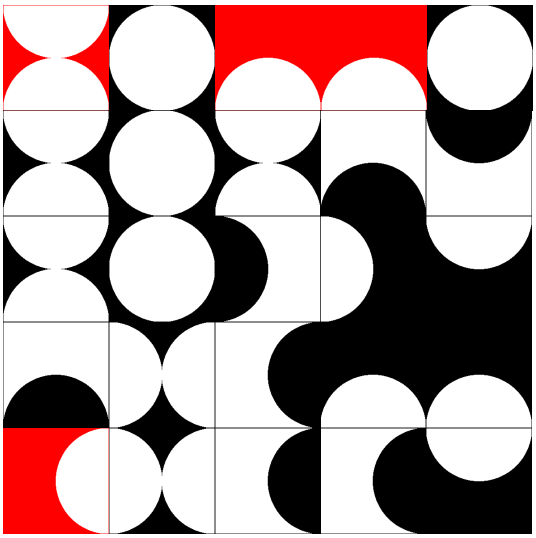
Při srovnání Sýkorova obrazu, který byl vytvořen na základě relačního pravidla 2 a varianty vytvořené podle stejného pravidla, se ukázalo, že existuje značné množství míst, na které lze doplnit více než jeden element. Konkrétně jich existuje 132. Zároveň ještě musíme přičíst 46 vstupních elementů, které byly na začátku do rastru vloženy. Celkem struktura obsahuje 242 elementů, tudíž zbývá pouze 64 elementů dosazených do struktury podle předem stanovených pravidel a kritérií, což není mnoho a spíše to ukazuje stochasticky vytvořený obraz.

V poslední kapitole byly teoretické poznatky z oblasti teorie informace aplikovány na výpočet několika vybraných Sýkorových děl. Výpočet je ukázán na 12 příkladech, které lze rozdělit do tří skupin. První skupina obsahuje ukázku čtyř obrazů Zdeňka Sýkory, z nichž pouze jeden splňuje Shannonovu podmínku. Zbývající 3 přesáhly stanovenou hodnotu 16 bitů . s^{-1}. Druhá skupina zahrnuje Černo – bílou strukturu a její čtyři varianty. Ukázalo se, že Sýkorova struktura má nejmenší informační tok z těchto pěti obrazů, což je velice zajímavé, když uvážíme, že obraz vznikl z velké části náhodně. V poslední skupině příkladů byl nastíněn problém týkající se výpočtu makrostruktur. Na konkrétní Makrostruktuře z roku 1972 byly ukázány tři odlišné způsoby výpočtů, z nichž nejpřesnější nalezneme u příkladu číslo 12. Rozdělením Makrostruktury na 289 dílčích elementů jsme získali zpřesnění výpočtu, ale na druhou stranu jsme docílili toho, že obraz se stal pro nás nezapamatovatelným.

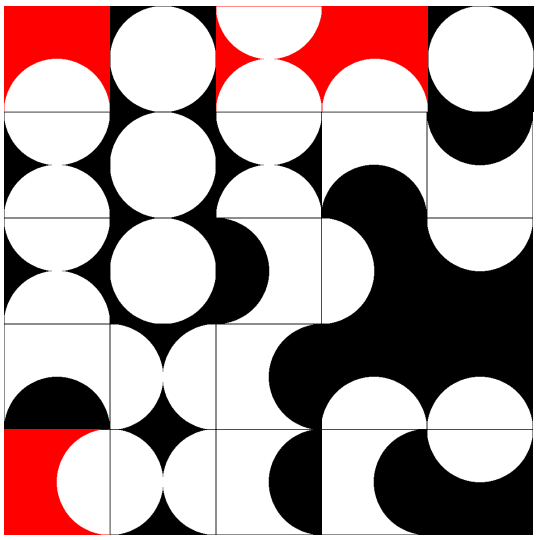
Příloha



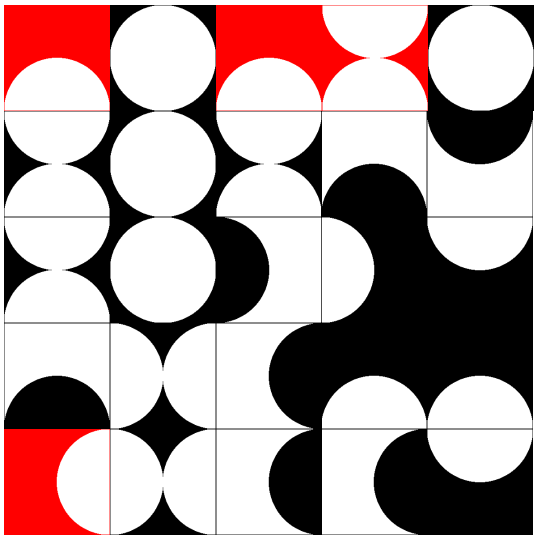
Obr. 17



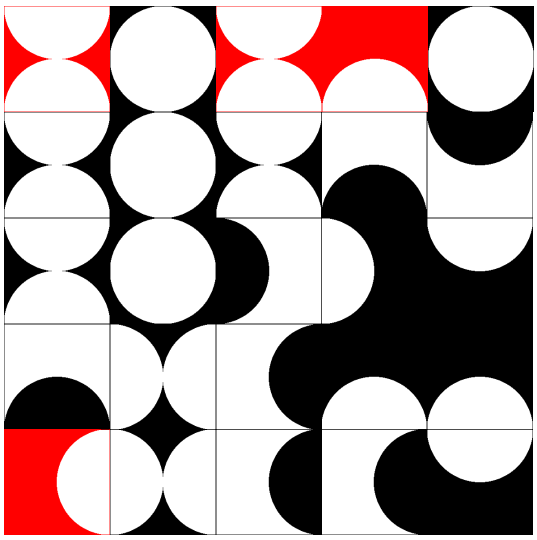
Obr. 18



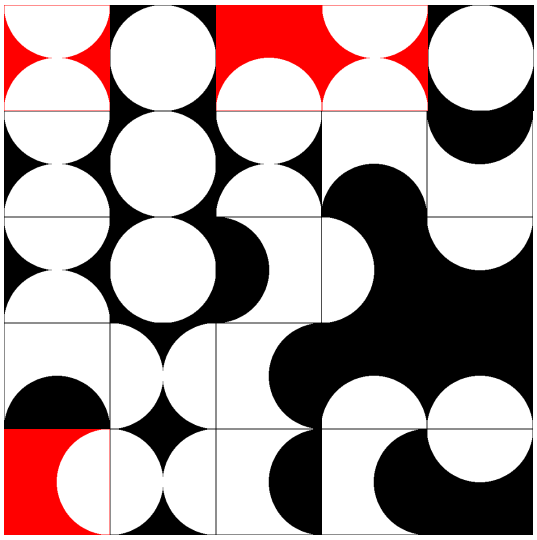
Obr. 19



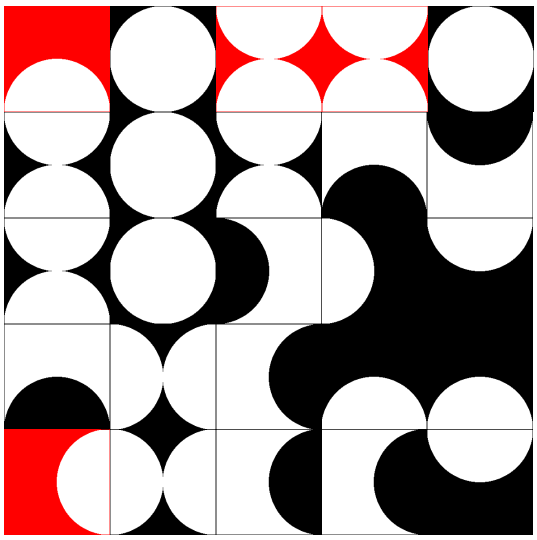
Obr. 20



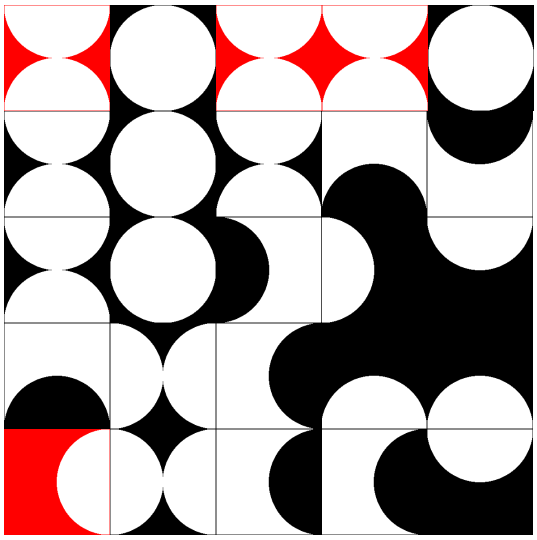
Obr. 21



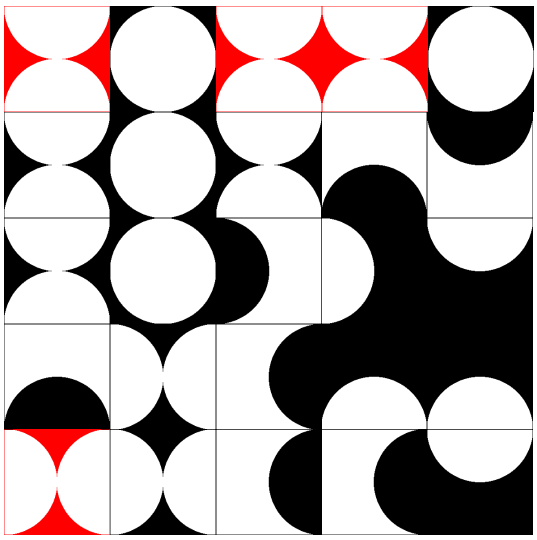
Obr. 22



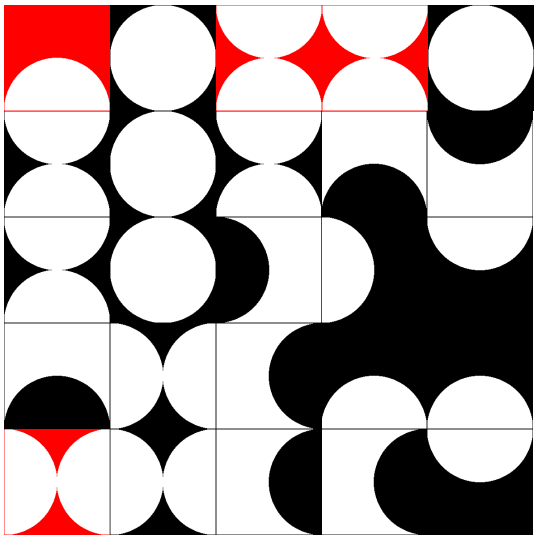
Obr. 23



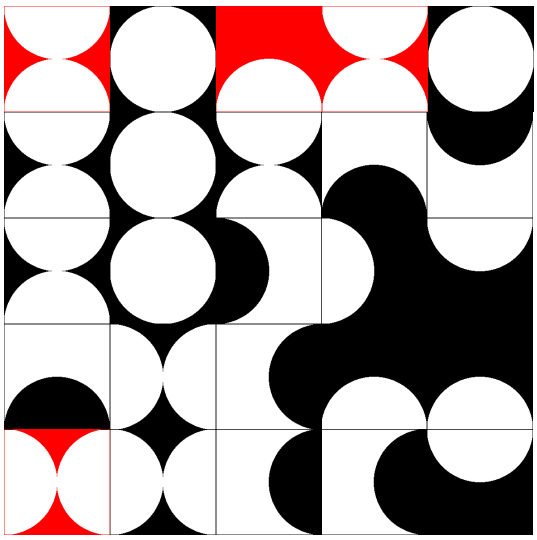
Obr. 24



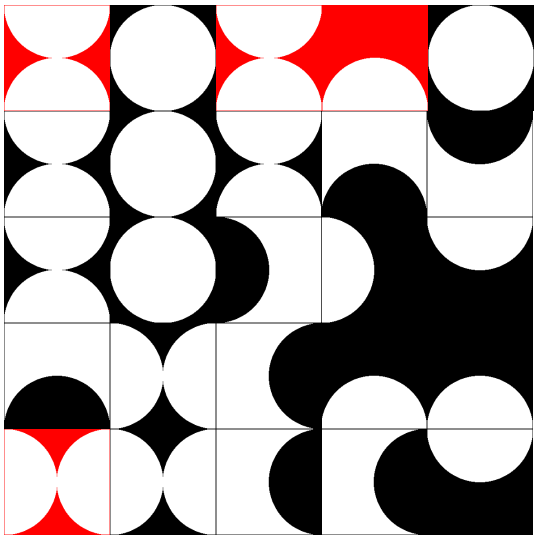
Obr. 25



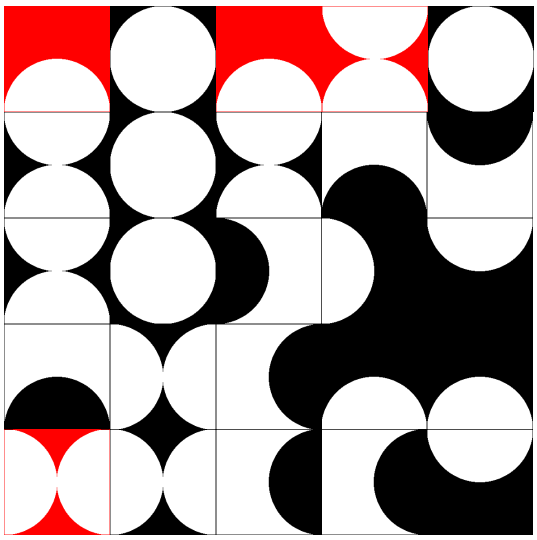
Obr. 26



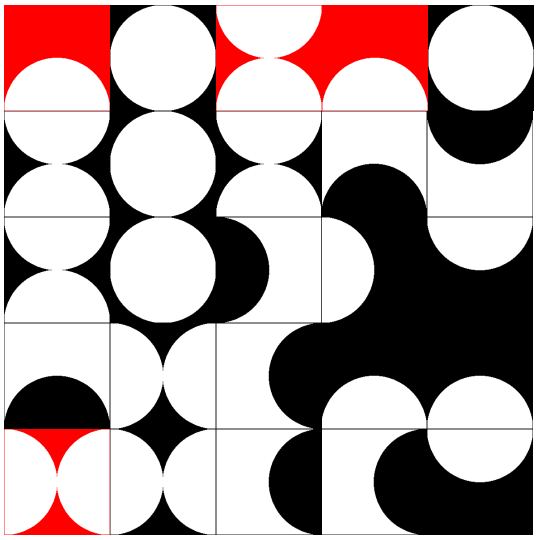
Obr. 27



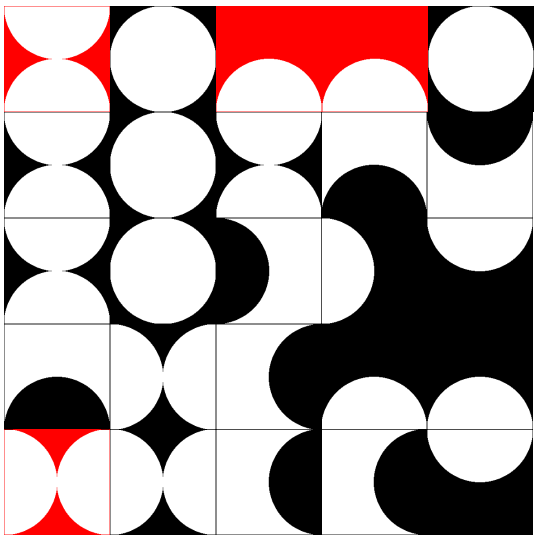
Obr. 28



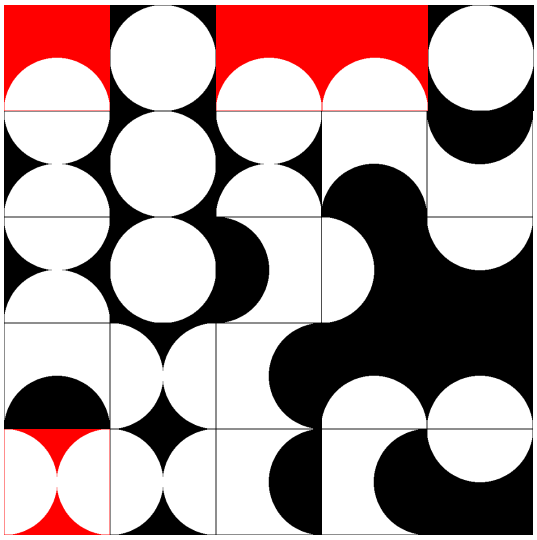
Obr. 29



Obr. 30



Obr. 31



Obr. 32

Literatura

[1] Bertók J., Janoušek J.: Počítače a umenie, Slovenské pedagogické nakladatelstvo, Bratislava, 1989.

[2] Andres J.: Tvorba Zdeňka Sýkory očima matematika. Výjde v jednom z dílů monografie o Zdeňku Sýkorovi (vyšly 1. díl [4] a 2. díl [5])

[3] Sýkora Z., Blažek J.: Computer-aided multielement geometrical abstract paintings. Leonardo 3 (1970).

[4] Sýkora Z.: Grafika, Praha, Gallery, 2008.

[5] Sýkora Z.: Rozhovory, Praha, Gallery, 2009.

[6] http://www.grapheion.cz/userfiles/file/PDF/Grapheion2008(sykora).pdf

[7] http://www.cojeco.cz/krizovatka

[8] http://cs.wikipedia.org/wiki/ZdeněkSýkora

[9] http://www.zdeneksykora.cz/data/sykora_bio.pdf

[10] http://www.advojka.cz/archiv/2006/28/nejradsi-mam-ctverce

[11] http://kultura.idnes.cz/sykorovy-letenske-dlazdicky-jsou-vyrezem-z-nekonecna

[12] http://natura.baf.cz/natura/2001/4/20010402.html

[13] http://www.novinky.cz/kultura/192938-prurez-tvorbou-malire-zdenka-sykory-nabizi-mestska-knihovna-v-praze.html

[14] http://www.galeriemiro.cz/gallery/8/sykora-ii.jpg

[15] http://kultura.idnes.cz/vystava-zdenka-sykory-oslavuje-vytvarnikovy-devadesatiny