

Znaczenie zielonej infrastruktury w układzie przestrzennym wielkich miast: lekcja Pekinu, Szanghaju i Shenzhen.

Streszczenie

Koncepcja *Zielonej Infrastruktury* jest jednym z kluczowych narzędzi, które pozwala na zrównoważone kształtowanie obszarów zurbanizowanych. Jest to działanie strategiczne, którego cele wyznaczone są w perspektywie sięgającej kilkudziesięciu lat. Wśród najważniejszych założeń, jakie towarzyszą projektowaniu systemu *ZI*, wskazuje się kształtowanie wielofunkcyjnych przestrzeni, w których zachowany jest przebieg naturalnych procesów przyrodniczych, jednocześnie pełniących funkcje społeczne i ekonomiczne. Kluczową rolę odgrywa także trwałość systemu, którego działanie programowane jest z myślą o następnych pokoleniach, a nie wyłącznie o bieżących potrzebach. O celowości wdrażania koncepcji *Zielonej Infrastruktury* świadczą liczne przykłady realizacji na terenie USA oraz Europy. Obejmują one działania w różnej skali, przyczyniając się do poprawy relacji człowieka i przyrody. W artykule przedstawiono działania z zakresu *ZI* na terenie chińskich miast: Pekinu, Szanghaju i Shenzhen. Przeprowadzono także krytyczną analizę wdrażania koncepcji *ZI* na obszarach poszczególnych aglomeracji.

Słowa kluczowe: *Zielona Infrastruktura*, Chiny, zrównoważony rozwój miast

Wstęp

Dynamiczny rozwój obszarów zurbanizowanych w skali całego świata prowadzi do narastającej nierównowagi pomiędzy naturalnymi ekosystemami a terenami zainwestowanymi. Coraz powszechniejsze stają się sytuacje, w których żywioły przyrody gwałtownie wkraczają na obszary miast, przynosząc liczne ofiary śmiertelne i wielu rannych, prowadzą także do powstawania ogromnych strat materialnych. Jednym z najprężniej rozwijających się regionów świata, są obecnie Chiny, w których proces urbanizacji osiągnął niespotykane rozmiary. Od 1978 roku, kiedy zostały utworzone pierwsze Specjalne Strefy Ekonomiczne (Shantou, Shenzhen, Zhui, Xiamen, Hainan), pomimo ograniczeń prawnych w zakresie migracji ludności z obszarów wiejskich do miast, populacja miast wzrosła ze 170 do 670 milionów w latach 1978-2010 (Liau 2008; Weiwen 2008; Chen, Jia, Lau 2008; Chen, Liu, Tao 2013).¹ Obecnie w miastach zamieszkuje 50% populacji Chin, symulacje wskazują, że do roku 2025 liczba mieszkańców miast sięgnie 1 miliarda. Będą oni zajmowali między innymi 8 megamiast o populacji przekraczającej 10 milionów (Liu et al. 2014). Proces masowych migracji obejmuje w znacznej mierze obszary południowego i wschodniego wybrzeża Chin, które odznaczają się jednocześnie największą liczbą naturalnych katastrof o charakterze klimatyczno-meteorologicznym. Tylko w 2013 roku tereny te zostały dotknięte przez 5 tajfunów, z których 3 (Haiyan, Utor oraz Usagi) zaliczone zostały do najsilniejszej, 5 kategorii. Intensywne opady deszczu związane z serią cyklonów dotknęły wiele obszarów zurbanizowanych, w tym Pekin, Szanghaj, Hong Kong, Shenzhen, stając się przyczyną olbrzymich strat ekonomicznych. Wartość szkód wyrządzonych przez jeden tylko supertajfun (Usagi) wyniosła 3,8 mld USD amerykańskich. Jednocześnie centralna i wschodnia część kraju doświadczyła rekordowych letnich upałów i w konsekwencji suszy, które spowodowały straty ekonomiczne sięgające 10 mld USD. (*Impact Forecasting. September...* 2013; *Impact Forecasting. Annual...* 2013; Zhang et al. 2015) Innym, niezwykle niebezpiecznym dla zdrowia

¹ Poszczególni autorzy odnoszą się do różnych przedziałów czasowych w prezentowanym okresie. Podane wartości stanowią podsumowanie danych zamieszczonych w cytowanych publikacjach.

mieszkańców mega miast zjawiskiem klimatycznym, które występuje w aglomeracjach chińskich, jest wzrastające zanieczyszczenie powietrza. Jak wynika z wielu badań, 16 spośród 20 najbardziej zanieczyszczonych miast świata znajduje się w Chinach (Liau 2008; Liu 2014). Obserwuje się znaczące przekroczenie norm zarówno w zakresie cząstek stałych (PM_{10} , $PM_{2,5}$), jak i ozonu (O_3), występujące w ciągu wielu dni każdego roku (Streets D. et al. 2007). Do zagrożeń występujących w miastach szczególnie północnej, aridowej części Chin, zaliczane jest także zapylenie powietrza, powstające wskutek eolicznej erozji gleb. Zjawisko to obejmuje obecnie około 9% powierzchni kraju, wpływając w znaczący sposób na stan atmosfery w miastach, między innymi w Pekinie (Guo 2014). Krytyczna jest także sytuacja w zakresie zaopatrzenia miast w wodę pitną, zarówno ze zbiorników powierzchniowych, jak i podziemnych. Systematyczne obniżanie zwierciadła wód gruntowych będące wynikiem nadmiernej eksploatacji oraz zanieczyszczenie i zamulenie zbiorników retencyjnych powodują ograniczenia w dostawach wody pitnej (Chang 1998). W miastach położonych w strefie monsunowej (na wschodnim i południowym wybrzeżu) zagrożeniem są także powodzie, których przyczyną są zarówno intensywne opady deszczu, jak i cofka wód morskich (Yin et al. 2015). Jednym z narzędzi, które mogą zostać wykorzystane do łagodzenia narastających problemów społecznych i klimatycznych, jest *Zielona Infrastruktura*, rozumiana jako sieć terenów zieleni: naturalnych, *quasi*-naturalnych i antropogenicznych, tworzących spójny system, którego zasoby wykorzystywane są zarówno dla potrzeb lokalnych społeczności, jak i realizacji zadań związanych z funkcjonowaniem ekosystemów.

Cel pracy

Celem pracy jest ocena wykorzystania koncepcji *Zielonej Infrastruktury* jako efektywnego i ekonomicznego narzędzia zrównoważonego rozwoju, w warunkach dynamicznej rozbudowy wielkich miast na przykładzie wybranych aglomeracji Chin kontynentalnych oraz zastosowanie ich doświadczeń w warunkach europejskich.

Materiał i metoda

W analizie literatury przedmiotu dotyczącej megamiast² Chin kontynentalnych zauważalny jest brak precyzyjnego określenia obszaru badań w cytowanych publikacjach. Często dane liczbowe podawane są dla całego obszaru aglomeracji, w innych przypadkach wyłącznie dla ścisłego centrum. W pracach przeglądowych, szczególnie publikowanych przez autorów chińskich, zauważalne jest nie uwzględnianie terytorium Hong Kongu, który od 1997 roku formalnie stał się częścią Chin, według zasady: jeden kraj, dwa systemy. Nie sposób więc bezpośrednio porównać poszczególnych wartości dla miast Chin kontynentalnych i terytoriów położonych na wyspach, jak Makau i Hong Kong. Zauważalne są także sprzeczności w danych liczbowych podawanych przez poszczególnych autorów, w szczególności dotyczące dynamiki zmian w powierzchni terenów zieleni (np. Zhao et al. 2013 vs. Liu, Holst, Yu 2014).

Chiny są interesującym obszarem badawczym ze względu na fakt, iż podczas gdy w większości państw świata w II połowie XX wieku liczba miast była stabilna, w Chinach, w związku z oficjalną polityką zwiększania tempa urbanizacji, jaka była promowana przez władze centralne, ich ilość znacząco wzrosła. W latach 1982-1997 liczba miast zwiększyła się z około 250 do ponad 650 (Liu et al. 2014;

² W omawianej literaturze przedmiotu terminem "megamiasta" określa się ośrodki, które zamieszkuje ponad 1 milion mieszkańców.

Huang et al. 2015). Chiny są aktualnie najludniejszym państwem świata. Populacja kraju liczy 1,4 miliarda mieszkańców³, równocześnie jego terytorium jest proporcjonalnie niewielkie w relacji do tej liczby, co skutkuje znacznym ograniczeniem dostępnych zasobów przestrzennych. Przykładowo, powierzchnia terenów uprawnych przypadających na jednego mieszkańca stanowi zaledwie 1/3 średniej światowej, a obszar terenów zieleni przypadających na mieszkańca miast w Chinach sięga zaledwie 10% wielkości zalecanej przez ONZ i wynosi 6,83 m². Z tego względu miasta chińskie są kształtowane jako kompaktowe, tzn. o możliwie małej rozpiętości i dużej gęstości zaludnienia. Konsekwencją takiego rozwiązania jest między innymi nadmierne obciążenie dostępnych terenów zieleni, a także konieczność ich zajęcia celem zabudowy (Chen, Jia, Lau 2008).

Warto podkreślić, iż zagadnienia rozwoju i kształtowania miast w Chinach wykraczają poza skalę rozważane w badaniach europejskich i amerykańskich teoretyków, przede wszystkim za sprawą wielkich populacji zamieszkujących poszczególne aglomeracje, ale także ich rozległości (Chen, Jia, Lau 2008; Vogel et al. 2010; Chen, Liu, Tao 2014). W latach 1992-2008 całkowita powierzchnia miast Chin kontynentalnych (z wyłączeniem między innymi Hong Kong-u) zwiększyła się z 27500 km² do około 73000 km², osiągając średnioroczne tempo wzrostu wynoszące 2679 km². Skokowy przyrost powierzchni miast odnotowano w latach 2000-2003. Główne obszary dynamicznego rozwoju urbanistycznego w Chinach, to tereny delty wielkich rzek: Perłowej i Jangcy oraz aglomeracja Pekin-Tianjin (Huang et al. 2015). Wraz z uruchomieniem programu rozwoju Specjalnych Stref Ekonomicznych (SSE) (*Special Economic Zones – SEZ*) w 1978 r., niemal w każdym regionie Chin powstały oddzielne strefy. Początkowo program obejmował 14 miast położonych na wschodnim i południowym wybrzeżu kraju, następnie objął sąsiednie miasta tzw. „drugiego pierścienia” (*second tier*), dopiero po roku 2000 programem objęto miasta w głębi Chin, w tym w niestabilnej politycznie i społecznie zachodniej części kraju. Wytyczne rozwoju skierowane były na aspekty ekonomiczne i polityczne, pomijając zagadnienia zrównoważonego rozwoju (Wei, Yu 2006; Weiwen 2008) oraz społeczne. Ośrodki miejskie stały się zbiorowiskami dla robotników napływających z obszarów wiejskich, którzy nie uzyskując statusu „mieszkańca”, nie identyfikują się z nowym miejscem zamieszkania (Weiwen 2008). Centralne planowanie, w połączeniu z decentralizacją ośrodków ekonomicznych doprowadziły do niewłaściwego dysponowania istniejącymi zasobami środowiskowymi i przestrzennymi. Poszczególne regiony, konkurując o przyciągnięcie inwestycji, zaczęły w nieskoordynowany sposób tworzyć osobne centra finansowe, przemysłowe i usługowe, konkurując między sobą o dostępne zasoby przestrzeni, środków i zasobów (finansowych, energetycznych i ludzkich). Jednym z przykładów takich działań jest rejon Delty Rzeki Perłowej, gdzie powstało 5 niezależnych wielkich lotnisk, położonych w sąsiadujących miastach, które nie mogą być w pełni wykorzystane ze względu na ograniczone możliwości organizacji ruchu lotniczego. Pogoń za potencjalnymi zyskami doprowadziła także do niekontrolowanego rozwoju przestrzennego. Pomimo niepełnego wykorzystania dotychczasowych projektów (biurowce, centra biznesowe, przemysłowe itd.), nieustannie powstają nowe inwestycje. Te, choć realizowane pod różnymi hasłami zrównoważonego rozwoju, promowanymi przez władze państwowe już od początku lat 90-tych XX wieku (w tym tzw. Ecocities, Garden Cities, Low-Carbon Cities), mają charakter zwykłych przedsięwzięć deweloperskich. W ostatnich latach (tj. po roku 2000) zaobserwowano liczne niekorzystne zmiany społeczne, które skutkowały skierowaniem wysiłków władz w stronę bardziej zrównoważonego rozwoju społecznego, w tym mieszkalnictwa komunalnego, usług społecznych i transportu (Jie 2008; Vogel et al. 2010; Liu et al. 2014). W tym zakresie mieści się także poprawa

³ <http://www.worldometers.info/world-population/china-population/>, dostęp 30.09.2015.

dostępności terenów zieleni na obszarach miejskich oraz utrzymanie i kształtowanie nowych terenów oferujących zróżnicowane korzyści ekosystemowe (Chen 2015). Na uwagę zasługuje fakt, iż w latach 1989-2009 wskaźnik przeciętnej powierzchni terenów zieleni w miastach Chin kontynentalnych wzrósł z 17 do 37,3%⁴, przy czym miasta o największym procentowym udziale tych terenów posiadały również historycznie rozległe założenia ogrodowe (Zhao et al. 2013).

Zasady kształtowania Zielonej Infrastruktury (ZI)

Koncepcja *Zielonej Infrastruktury* znajduje zastosowanie w różnych skalach: od niewielkich, lokalnych projektów obejmujących swym zasięgiem kwartał zabudowy miejskiej, poprzez średnioskalowe działania regionalne, po wielkoskalowe inicjatywy obejmujące cały kontynent (Benedict, McMahon 2006; *Towards...* 2010; Estreguil, Caudullo, Miguel 2013). W skali miasta, *ZI* definiowana jest jako sieć zaprojektowanych i nieprojektowanych terenów zieleni, stanowiących własność zarówno publiczną, jak i prywatną, które zarządzane są jako zintegrowany system, przynoszący różnorodne korzyści jednocześnie społeczeństwu i środowisku. W jej skład wchodzi pozostałości zieleni o charakterze naturalnym, a także tereny zieleni urządzonej oraz zieleń utworzona z wykorzystaniem rozmaitych technologii, jak zielone dachy, zbiorniki retencyjne, zielone ściany (Norton et al. 2015). Te elementy tworzą system, na który składają się obszary węzłowe (tereny o dużej powierzchni i możliwie wysokiej bioróżnorodności) i sieć łączących je korytarzy ekologicznych, budowanych wzdłuż cieków wodnych i innych linearnych układów zieleni i wód powierzchniowych. Integralnym komponentem struktury *ZI* są także tzw. "miejsca", czyli płyty izolowanych terenów zieleni i wód otwartych, nie połączone bezpośrednio z systemem za pomocą korytarzy ekologicznych, jednak zlokalizowane w odległości, która umożliwia swobodną migrację zwierząt i roślin (Benedict, McMahon 2006).

Tworzenie systemów *Zielonej Infrastruktury* oparte jest na szeregu zasad, które łącznie umożliwiają zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych, przy zachowaniu obopólnych korzyści zarówno dla środowiska, jak i lokalnych społeczności. Z dekalogu zasad, według których planowane są projekty *Zielonej Infrastruktury* (Benedict, McMahon 2006; Kowalski 2011), na pierwszym planie eksponowane są aktualnie aspekty związane z wykorzystaniem korzyści (usług) ekosystemowych przy wielofunkcyjnym użytkowaniu terenu, z uwzględnieniem walorów estetycznych przestrzeni.

Korzyści płynące z wdrażania koncepcji Zielonej Infrastruktury

Zielona Infrastruktura (ZI) w całej różnorodności form, ma kluczowe znaczenie dla kształtowania klimatu miasta. Przyczynia się do ograniczenia efektu miejskiej wyspy ciepła, zarówno w miastach położonych w klimacie gorącym, jak i umiarkowanym dzięki zastosowaniu różnego rodzaju rozwiązań technicznych, jak zielone dachy, nawierzchnie przepuszczalne dla wody, czy rozwój zadrzewień. Przykładowo, zwiększenie powierzchni miejskich terenów zieleni o 10% przyczynia się do spadku maksymalnej temperatury o 1°C (Kowalski 2014; Emmanuel, Loconsole 2015; Norton et al. 2015).⁵

⁴ W ujęciu szczegółowym, udział powierzchni terenów zieleni w miastach zamykał się w przedziale od 2,8% do 69,9%. Powierzchnia terenów zieleni w 59,7% miast chińskich przekroczyła poziom 37,3%. Dane za rok 2009 (Zhao et al. 2013).

⁵ Także liczne raporty przedstawiające rezultaty wykorzystania strategii *Zielonej Infrastruktury* pokazują szeroki zakres korzyści przyrodniczych, ekonomicznych i społecznych, jakie oferuje właściwie przygotowany i prowadzony projekt, np.: *Banking on Green: A Look AT How Green Infrastructure Can Save Municipalities Money and Provide Economic Benefits Community-wide. A Joint Report by American Rivers, the Water Environment Federation, the American Society of Landscape Architects and ECONorthwest, 2012; Kansas City*

Systemy ZI odgrywają znaczącą rolę w procesach retencji i oczyszczania wód opadowych (Pellegrino, Ahern, Becker 2015; Zhang et al. 2015; Zhao et al. 2015). Zieleń przyczynia się do redukcji pyłowych i gazowych zanieczyszczeń powietrza, przy czym efektywność procesu oczyszczania związana jest ściśle z wiekiem (wielkością) i stanem zdrowotnym drzewostanu oraz długością okresu wegetacyjnego (Yang et al. 2005; Chen 2015). Funkcjonowanie *Zielonej Infrastruktury* przynosi także wymierne korzyści ekonomiczne, w postaci ograniczenia niezbędnych nakładów związanych z budową i utrzymaniem systemów kanalizacyjnych i oczyszczania wód opadowych, a także wzrostem wartości nieruchomości. Wskazuje się także na dodatnią korelację pomiędzy powierzchnią terenów zieleni i wskaźnikiem PKB (Benedict, McMahon 2006). Dzięki obecności zieleni notuje się również poprawę stanu zdrowotnego i samopoczucia mieszkańców. Dla osiągnięcia odpowiedniego rezultatu konieczne jest zapewnienie minimalnego wskaźnika powierzchni biologicznie czynnej, na którą składają się fragmenty terenów zieleni urządzonej i nieurządzonej oraz wód powierzchniowych. Jak wykazują badania (Szulczewska et al. 2014), minimalny wskaźnik powierzchni biologicznie czynnej powinien stanowić 41 do 48% powierzchni miasta. Ta wielkość pozwala na zapewnienie komfortu termicznego mieszkańców oraz właściwy przebieg procesów hydrologicznych. Systemy zieleni miejskiej są także istotnym czynnikiem wpływającym na kształt przestrzenny miast różnej wielkości (Zachariasz 2006; Kowalski 2014).

Percepcja i zastosowanie koncepcji *Zielonej Infrastruktury* w Chinach

Zielona Infrastruktura nie ma obecnie charakteru zinstytucjonalizowanych działań na obszarze Chin, dodatkowo oddolne inicjatywy zmierzające do budowy i utrzymania systemu ZI pozbawione są państwowego wsparcia finansowego, brak także integracji działań o charakterze strukturalnym, które pozwoliłyby na równoczesne kształtowanie "szarej" i "zielonej" infrastruktury (Chen 2015). Jednym z czynników potencjalnie wspierających rozwój *Zielonej Infrastruktury* jest status gruntów w miastach. Zgodnie z chińskim prawodawstwem, ziemia jest własnością kolektywną, jednak dotychczas jedynie w niewielu przypadkach państwowe działania planistyczne zmierzały w kierunku kształtowania miast w sposób zrównoważony, zapewniający dostępność mieszkań dla rodzin o przeciętnych dochodach, jednocześnie chroniąc zasoby przyrodnicze (Chang 1998; Shiwen 2008).

Wykorzystanie koncepcji ZI do poprawy jakości życia mieszkańców chińskich miast spotyka się ze zrozumieniem i akceptacją społeczeństwa. W przypadku niektórych miast (np. Hangzhou) do jej kształtowania wykorzystywane są tereny dotychczas zaniedbane, położone pod wiaduktami i wzdłuż krawędzi dróg, przy czym pojęcie *Zielonej Infrastruktury* utożsamiane jest przeważnie z sadzeniem drzew. Zieleń w miastach traktowana jest monofunkcyjnie - ma najczęściej charakter ozdobny w typie "pleasure garden", choć lokalizacja terenów zieleni jest niekorzystna z punktu widzenia aktywnej rekreacji. Prowadzona jest aktywna polityka zwiększania powierzchni obszarów zieleni oraz poprawy ich dostępności w miastach (Zhao et al. 2013; Chen 2015; Byrne, Lo, Jyanjun 2015). Obecnie dużego znaczenia nabiera rola zieleni jako ważnego czynnika kształtującego klimat miasta i stosunki wodne. Istotna jest również rola systemów *Zielonej Infrastruktury* w pochłanianiu CO₂ wytwarzanego w miastach. Dla poprawy wydajności tego procesu, postuluje się stosowanie gatunków zatrzymujących jak najwięcej CO₂, dostosowanych do poszczególnych stref klimatycznych Chin. W celu uzyskania możliwie szybkich rezultatów związanych ze wzrostem poziomu pochłaniania CO₂, w

miastach Chin powszechnie sadzone są dojrzałe drzewa⁶, choć i tak większość drzew w takich miastach jak Pekin, Szanghaj, czy Hangzhou zaliczana jest do młodych, w wieku poniżej 25 lat (Chen 2015). Znaczenie terenów zieleni miejskiej dla redukcji wielkości odpływu powierzchniowego wód opadowych zbadano dla Pekinu w zasięgu 5-tej obwodnicy. Jak wykazały analizy, zmniejszenie powierzchni terenów zieleni w latach 2000-2010 spowodowało obniżenie potencjału retencji naturalnej o 6 punktów procentowych. Została ona zastąpiona przez rozbudowę systemu kanalizacji deszczowej. Stało się tak, pomimo dostępności wyników badań prowadzonych w rejonie Pekinu od połowy lat 90-tych, które potwierdzały skuteczność zielonej pokrywy w ograniczeniu odpływu powierzchniowego i poprawy jakości wód opadowych (Zhang et al. 2015). Podobne badania wykonane zostały w Szanghaju (Zhao et al. 2015).

Metoda

Badania poprzedzające przygotowanie niniejszej publikacji prowadzone były dwutorowo: (1) dokonano krytycznej analizy literatury przedmiotu pod kątem oceny stanu miejskiej zieleni i wykorzystania istniejącego zasobu w kształtowaniu systemu *Zielonej Infrastruktury* w wybranych miastach Chin. W ramach przeglądu literatury dokonano między innymi przeliczenia i ujednoczenia jednostek powierzchni wzmiankowanych w poszczególnych pozycjach bibliograficznych. (2) przeprowadzono analizy terenowe, podczas których weryfikacji poddano stan zachowania i perspektywy trwałości historycznych i współczesnych terenów zieleni. Pracami objęto miasta o odmiennej dynamice rozwoju na płaszczyźnie kulturowej i gospodarczej w skali Chin. Wyboru obszarów badawczych dokonano, biorąc pod uwagę następujące aspekty: (1) sposób kształtowania struktury miasta do XIX wieku. (2) rozwój miasta w okresie XIX - XXI wieku, z uwzględnieniem oddziaływania różnorodnych wpływów kulturowych (rodzimych i obcych) oraz zróżnicowanie społecznej i gospodarczej funkcji miasta w tym okresie. Istotnym kryterium wyboru był także fakt organizacji w mieście ważnych wydarzeń kulturalnych o charakterze międzynarodowym, które często stają się bodźcem inicjującym zmiany w strukturze przestrzennej miasta. W wyniku krytycznej analizy literatury przedmiotu, wytypowano trzy wielkie miasta, różniące się znacząco genezą, a także rolą społeczno-gospodarczą w ujęciu współczesnym i historycznym:

1. Pekin – obecna stolica Chin, ważny ośrodek kulturalny i gospodarczy, pełniący istotne funkcje administracyjne od XIII w. Do połowy XIX w. izolowany od wpływu kultury zachodniej, co pozwoliło na zachowanie historycznego układu urbanistycznego i zieleni centralnej części miasta w niezmiennym stanie. Do czasu rewolucji kulturalnej Mao pozostawał miastem polityki i kultury, by po 1949 roku zyskać status miasta przemysłowego. Pomimo znacznych przekształceń większej części miasta, duże znaczenie w strukturze przestrzennej centralnych dzielnic zachowały historycznie ukształtowane tereny zieleni towarzyszącej rozległemu kompleksowi pałacu cesarskiego (Zakazane Miasto) (Chang 1998). Wielkim wydarzeniem o znaczeniu światowym, które zapoczątkowało kolejną fazę przekształceń miasta była organizacja Letnich Igrzysk Olimpijskich 2008 roku.
2. Szanghaj – miasto portowe, położone u ujścia rzeki Jangcy do Morza Wschodniochińskiego o kluczowym znaczeniu gospodarczym, zarówno w ujęciu historycznym, jak i współczesnym

⁶ W przeciwieństwie do praktyk stosowanych w Europie i USA, drzewa w wieku dojrzałym nie są pozyskiwane ze szkółek, lecz bezpośrednio z siedlisk naturalnych. Brak przygotowania roślin do przesadzenia, skutkuje wysokim odsetkiem roślin nie przyjętych, które zastępowane są kolejnymi egzemplarzami dostarczonymi z lasu.

(Walcott, Pannell 2006). Struktura miasta została ukształtowana dopiero w XIX wieku. Rozległe relacje handlowe i otwarcie na wpływy kultury świata zachodniego widoczne są w układzie przestrzennym niektórych dzielnic (Bund). Od 1979 r. posiada status Specjalnej Strefy Ekonomicznej, której celem działania jest zwiększenie wymiany gospodarczej ze światem. Miasto wyróżnia bardzo niski wskaźnik powierzchni zieleni przypadającej na mieszkańca, także na tle innych aglomeracji chińskich (Gao et al. 2004). Wydarzeniem o ważnym międzynarodowym znaczeniu organizowanym w mieście była Wystawa Światowa EXPO 2010.

3. Shenzhen – miasto o unikalnym charakterze, założone od podstaw na terenie dawnej wioski rybackiej w 1979 roku. Powstało jako Specjalna Strefa Ekonomiczna, tuż przy granicy z Hong Kongiem. Początkowo główny nacisk w rozwoju kładziono na tworzenie terenów inwestycyjnych, atrakcyjnych dla zagranicznych inwestorów. Dopiero po ponad 20 latach budowy miasta przyjęto założenia zmierzające do znalezienia nowej, przyjaznej środowisku równowagi rozwoju. W systemie zieleni miasta ważną rolę odgrywają pozostałości lasów o charakterze tropikalnym, rozproszone na wzgórzach otaczających centralną część miasta.

Studium przypadku. Analiza wybranych miast pod kątem funkcjonowania systemu *Zielonej Infrastruktury*.

PEKIN

Stolica Chin od XIII wieku.⁷ Centralna część miasta ukształtowana jest wokół zespołu pałacu cesarskiego – Zakazanego Miasta, którego układ w niemal niezmienionej formie trwał od XIV do końca XIX wieku. W jego strukturze, obok niemal 9000 budynków, znaczącą rolę odgrywały rozległe tereny ogrodów, związanych zarówno z kompleksem pałacowym, jak i satelitarnymi świątyniami: Ziemi na północy, Słońca na wschodzie, Księżycy na zachodzie i Niebios na południu. Przekształcenia układu Zakazanego Miasta rozpoczęły się w latach 50-tych XX wieku, obejmując w ramach programu przebudowy Pekinu, między innymi wyburzenie części murów i zabudowań pałacowych (Chang 1998; Wei, Yu 2006). Wraz ze zmianą strategii rozwoju: od ośrodka polityczno-kulturalnego do miasta industrialnego, zanotowany został znaczący napływ ludności, a w konsekwencji także skokowy wzrost powierzchni miasta. Swoje siedziby ulokowały tu firmy związane z przemysłem ciężkim, petrochemicznym, elektronicznym, włókienniczym i spożywczym. W rezultacie Pekin stał się drugim, zaraz po Szanghaju, największym miastem przemysłowym Chin. W latach 1953 – 2000, populacja aglomeracji pekińskiej powiększyła się czterokrotnie, z około 3 do niemal 14 milionów mieszkańców (Jinshuang, Quanru 2003; Yang et. al. 2005). Aktualnie jej obszar zamieszkuje 17 milionów osób (dane za 2010 r.). Powierzchnia zabudowy wzrosła ze 109 km² w 1949 r. do 1350 km² w 2009 r (Zhang et al. 2015). Współcześnie w skład aglomeracji Pekinu wchodzi 16 dystryktów, położonych na obszarze 16808 km², które rozciągają się na dystansie 180 km w osi północ-południe i 160 km ze wschodu na zachód. Wewnętrzny obszar metropolitalny, obejmujący 8 dystryktów, zajmuje powierzchnię 1385 km² i liczy 8,5 miliona mieszkańców (Jinshuang, Quanru 2003; Yang et. al. 2005). Gęstość zaludnienia wynosi 95,4 os./ha (2002 r.) (Chen, Jia, Lau 2008).

⁷ Niemal nieprzerwanie. Okresowo stolicą państwa był Nankin.



Fot 1. Pekin. Tereny zieleni Parku Olimpijskiego pełnią w głównej mierze funkcję dekoracyjną. Fot. aut., 08.2014.



Fot 2. Pekin. Zieleń w obszarach zabudowy jest cenionym elementem kompozycji wnętrz ulicznych. Dzielnica Hutongów. Fot. aut., 08.2014

Powierzchnia terenów zieleni w Pekinie wynosi 626,72 km² (Chen 2015), przy czym zauważalny jest systematyczny spadek tej wartości. Dane wskazują, iż w latach 1992-2004 zmniejszyła się ona o 1857 km², obejmując zarówno tereny upraw, obszary łąkowe i wody powierzchniowe (Liu, Holst, Yu, 2014),⁸ zajmując w 2010 roku 14,68% powierzchni miasta. Jednocześnie zanotowany został wzrost powierzchni parków w wewnętrznych dzielnicach, który w latach 2000-2010 sięgał ponad 6% rocznie. W rezultacie wszystkich przekształceń, obszar zieleni w śródmiejskiej strefie Pekinu zmniejszył się z 1041 km² do 842 km². Zaobserwowano także wzrastającą izolację i fragmentację terenów zieleni, co nie sprzyja utrzymywaniu systemu *Zielonej Infrastruktury* (Zhang et al. 2015). Zmiany struktury i powierzchni zieleni w Pekinie przedstawiono w tabeli 1. Obecnie powierzchnia terenów zieleni przypadających na mieszkańca Pekinu wynosi 88 m² (*Asian Green...* 2011).⁹ Skutkiem ograniczenia powierzchni terenów ZI w Pekinie jest między innymi zmniejszenie możliwości retencji wód opadowych, co wraz z intensywną eksploatacją wód podziemnych z ponad 40000 studni głębinowych, przyczyniło się do obniżenia poziomu wód gruntowych o 45 m na przestrzeni 40 lat, od lat 50-tych do 90-tych XX wieku. W kontekście rozważania koncepcji *Zielonej Infrastruktury* interesujący jest fakt, iż w połowie lat 90-tych XX wieku 62% zużycia wody na obszarze aglomeracji Pekinu przypadało na sektor rolniczy. Największe zapotrzebowanie na wodę związane jest z uprawą ryżu w suchym klimacie Pekinu - powierzchnia upraw w 1990 roku zajmowała ponad 32000 ha (Chang 1998).

Rok	Rodzaj pokrycia terenu						
	Powierzchnia [km ²]						
	Lasy	Łąki	Uprawy	Nie użytki	Woda	Σ zielona infrastruktura	Powierzchnie nieprzepuszczalne

⁸ Nie można bezpośrednio porównać tych danych liczbowych. Autorzy odnoszą się prawdopodobnie do centralnego obszaru metropolitalnego (Chen 2015) i do całej aglomeracji (Liu, Holst, Yu 2014).

⁹ Podaną wartość należy interpretować jako wielkość dotyczącą całego obszaru metropolitalnego, a nie jedynie dystryktów śródmiejskich.

2000-2005	135,20	91,96	-295,09	2,13	-11,56	-65,80	77,37
2005-2010	-73,40	31,29	-76,34	-14,23	-3,88	-77,28	141,83
2000-2010	61,81	123,25	-371,44	-12,10	-20,71	-198,49	219,19

Tab. 1 Zmiany pokrycia terenu w latach 2000-2010 (wg Zhang et al. 2015) opr. aut.

Pekin jest jednym z miast Chin, w którym historyczne założenia ogrodowe związane z istnieniem Cesarstwa, odgrywają istotną rolę w systemie miejskiej *Zielonej Infrastruktury*. Dzięki obecności znacznej ilości starych drzew w parkach miejskich, tereny zieleni magazynują obecnie łącznie 1,2 mln. ton CO₂, zatrzymując każdego roku kolejne 130 tys. ton (Chen 2015). Dodatkowo drzewa rosnące w centralnej części miasta akumulują także zanieczyszczenia pyłowe (PM₁₀) oraz gazowe (O₃, SO₂) (Yang et al. 2005). W strukturze drzewostanu dominują gatunki uprawiane w klimacie umiarkowanym, jak *Platanus* sp., *Populus* spp., *Sophora japonica*, *Ginkgo biloba*, *Robinia* spp., *Juniperus* spp., *Ulmus pumila*, *Acer truncatum*, *Ailanthus altissima*, *Fraxinus* spp., *Pinus* spp (Ma, Liu 2003). Stan fitosanitarny dendroflory Pekinu jest zróżnicowany. Jak wykazują badania Yang et al. (2005) i obserwacje autora (2014), większość drzew znajduje się w średnim, dobrym i bardzo dobrym stanie fitosanitarnym, jednak kondycję niemal 30% z nich ocenia się jako złą.

Rozmieszczenie elementów *Zielonej Infrastruktury* w śródmiejskiej strefie Pekinu jest niejednorodne. Składają się na nią tereny historycznych parków, tworzące izolowane wyspy wśród zwartej zabudowy. System połączeń w postaci korytarzy ekologicznych jest słabo wykształcony i ogranicza się w głównej mierze do zieleni towarzyszącej ciągom komunikacyjnym. Pełni ona przeważnie funkcję dekoracyjną, przy wielu ulicach obserwuje się zwarte grupy formowanej roślinności. Wymaga ona systematycznej pielęgnacji, a także nawadniania, co dodatkowo przyczynia się do pogorszenia bilansu wodnego miasta i zwiększa emisję CO₂. Elementy *ZI* towarzyszące obszarom zabudowy są cenionym składnikiem krajobrazu także w najmniejszej skali, przyczyniając się do poprawy estetyki wewnątrz bloków zabudowy i wąskich ulic. System rzek i kanałów wodnych łączących liczne miejskie akweny nie został wykorzystany jako element systemu *ZI*. Brak w ich sąsiedztwie rozwiniętych stref buforowych z ukształtowanymi terenami zieleni, oddzielających obszary zabudowy od tafli wody.

Dla poprawy stanu powietrza, ograniczenia efektu miejskiej wyspy ciepła, a także zwiększenia retencji wód i zapewnienia odpowiedniego zaopatrzenia miasta w wodę pitną, prowadzone są obecnie poważne projekty infrastrukturalne. Przyjmują one formę obsadzania terenów pustynnych, otaczających aglomerację od strony północno-zachodniej, roślinnością zielną i krzewami oraz retencjonowania wód powierzchniowych poza granicami miasta. Na terenie centralnych dzielnic Pekinu, w związku z organizacją Olimpiady w 2008 roku, przeprowadzono szeroki program przebudowy, który obejmował także stworzenie nowych terenów zieleni towarzyszących obiektom olimpijskim. W ich charakterze dominuje funkcja estetyczna, zagadnienia związane z wykorzystaniem potencjału korzyści ekosystemowych nie były priorytetem w ich projektowaniu i utrzymaniu.

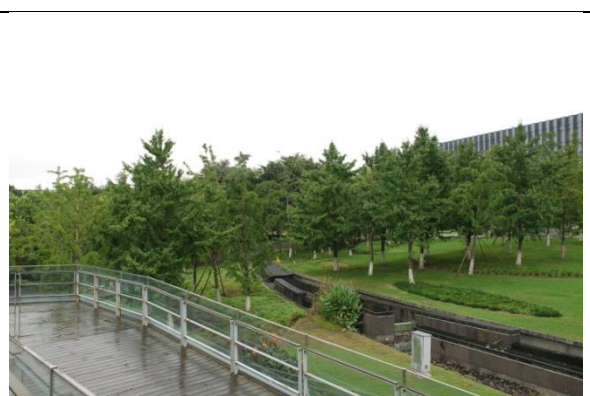
SZANGHAJ

Jest jednym z czterech miast wydzielonych, stanowiąc samodzielny jednostkę administracyjną. Populacja Szanghaju liczyła w 2009 roku 19,21 miliona stałych mieszkańców, czyniąc go najludniejszym miastem Chin. Gęstość zaludnienia (2002 r.): 178,88 os./ha (Chen, Jia, Lau 2008). Obszar metropolitalny Szanghaju obejmuje powierzchnię 6340 km², maksymalna rozpiętość w osi N-S to 120 km, w osi E-W - 100 km. 570 km² na tym terenie zajmują wody powierzchniowe (Zhang et al. 2004; Zhao et al. 2015), stanowiąc doskonały potencjał wyjściowy dla rozwoju sieci *Zielonej*

Infrastruktury. Obszar zurbanizowany obejmuje około 800 km² (dane za rok 2000, za: Zhang et al. 2004). Powierzchnia terenów zieleni w obszarze metropolitalnym wynosiła w 2010 r. 1201,48 km². Na tym terenie zmagazynowane są ponad 2 mln. ton CO₂, a zdolność magazynowania szacowana jest na 140 tys. ton CO₂ rocznie. Tak wysoka wartość wynika ze znacznego udziału drzewostanu w wieku dojrzałym w miejskich terenach zieleni (Chen 2015). Powierzchnia zieleni w obszarze zurbanizowanym to 2,4 m²/mieszkańca. Zieleń stanowi tu jedynie 5% (Gao et al. 2004) do 10% (Zhao et al. 2015) całkowitej powierzchni miasta. Dla zwiększenia tego współczynnika, planowane jest posadzenie w najbliższych latach około 27000 ha lasu (Zhao et al. 2015). Spośród gatunków stanowiących trzon struktury drzewostanu Szanghaju wymienić należy między innymi: *Cinnamomum japonicum*, *Machilus thunbergii*, *Castanopsis sclerophylla*, *Schima superba* oraz *Cyclobalanopsis glauca*. Roślinność zielna terenów podmokłych kształtują w głównej mierze: *Phragmites australis*, *Scirpus mariqueter* i *Spartina alterniflora*. Są to gatunki typowe dla strefy klimatu subtropikalnego (Zhang et al. 2004).



Fot. 3. Szanghaj. Komponowana zieleń ciągów komunikacyjnych. Fot. aut., 08.2014.



Fot. 4. Szanghaj. Fragment parku Houtan - EXPO 2010. Fot. aut. 08.2014.

Miasto położone jest w delcie rzeki Jangcy. Średnia wysokość terenu to zaledwie 4 m powyżej poziomu morza. Lokalizacja w tak specyficznych warunkach geograficznych, w połączeniu z nieustannym osiadaniem terenu, jest przyczyną wysokiego poziomu narażenia na zalewanie części miasta. Zagrożeniem są zarówno fale pływowe, sztormy wywoływane przez wiatry monsunowe, jak i wahania poziomu rzek przepływających przez miasto (Jangcy i Huangpu). W celu zabezpieczenia miasta przed ryzykiem powodzi, od początku lat 60-tych XX wieku rozpoczęto budowę obwałowań, które stopniowo podwyższano po kolejnych powodziach w latach 1962, 1974, 1981, 1997, mają obecnie ochronić ścisłe centrum miasta przed wodą 100-letnią (Yin et al. 2015).

Populacja Szanghaju systematycznie wzrasta, w związku z czym obserwuje się znaczące zmiany w sposobie użytkowania terenu w ścisłym centrum miasta. Na fali przebudowy śródmieścia, obszary dotychczas zamieszkałe, przekształcane są w zabudowę komercyjną, co skutkuje przemieszczeniem mieszkańców do przedmieść, gdzie z kolei następuje transformacja gruntów rolniczych w zabudowane. W konsekwencji następuje ciągła perforacja terenów zieleni, szczególnie na obszarze przedmieść (Walcott, Pannell 2006; Vogel et al. 2010). W celu ograniczenia negatywnych zjawisk związanych ze zmniejszaniem powierzchni zieleni, w 1994 r. zaproponowano utworzenie zielonego pierścienia (*Greenbeltu*) wokół zewnętrznej obwodnicy miasta, który może stać się istotnym składnikiem systemu miejskiej ZI w Szanghaju. Projektowana długość założenia ma sięgnąć 97 km i objąć powierzchnię 72 km². Zgodnie z planem, w skład pierścienia będą wchodziły tereny zalesione,

obszary upraw oraz parki rekreacyjne. Do roku 2005 zrealizowane zostało dopiero 58% planowanego przedsięwzięcia. Większa część przekształceń terenu zmierza w kierunku zalesienia obszarów dotychczas nie zadrzewionych i dogęszczania istniejącego lasu. Niemal połowa terenów zielonego pierścienia położona jest w dzielnicy Pudong i podlega obecnie ochronie przed zabudową (Wang et al. 2014). Dzielnica ta została założona na terenach rolniczych (Walcott, Pannell 2006), w sposób sprzeczny z zasadami kształtowania *Zielonej Infrastruktury*. Liczne inwestycje wprowadzono bowiem w obszary zalewowe, ograniczając wszechstronne korzyści ekosystemowe, jakie przynosiły otwarte tereny upraw. Innym ważnym elementem tworzącym potencjał kształtowania miasta zgodnie z zasadami *ZI*, jest Zhujiajiao - dzielnica Szanghaju uważana za miasto-ogród. Położona na wodzie, w 2008 r. uzyskała srebrny medal w konkursie Liveable Communities w kategorii B (miasta zamieszkałe przez 20-75 tys. mieszkańców). Proporcje elementów przestrzennych Zhujiajiao wykazują znaczne podobieństwo do teoretycznych rozwiązań zaproponowanych przez E. Howarda dla miasta-ogrodu (Yuan et al. 2014).

W związku z Wystawą Światową EXPO 2010, zrealizowany został ambitny projekt rewitalizacji dawnych terenów stoczniowych położonych na brzegu rzeki Huangpu, opracowany przez pracownię Turenscape. Realizacja ta wpisuje się doskonale w schemat działań *Zielonej Infrastruktury*. Teren przyszłego parku o powierzchni 14 ha, położonego w zachodniej części dzielnicy Pudong, był zdegradowany: wykazano znaczne zanieczyszczenie gleby, a także skażenie wody rzeki, która uznana została za niebezpieczną w przypadku kąpieli i niezdatną do jakichkolwiek innych form rekreacji. Realizacja projektu, którego wartość szacowana jest na 4,2 mln Euro, przyniosła wielostronne korzyści zarówno ekonomiczne, ekologiczne i społeczne, a także krajobrazowe. Na szczególną uwagę zasługuje nowatorskie wykorzystanie na szeroką skalę naturalnych zdolności filtracyjnych, jakie wykazują tereny podmokłe. Kaskadowo ukształtowane tarasy obsadzone precyzyjnie dobraną roślinnością pozwalają na oczyszczenie 2400 m³ wody rzeki Huangpu, z klasy V (najniższej) do klasy III¹⁰. Wokół parku nie ukształtowano jednak systemu korytarzy łączących z innymi terenami zieleni, w efekcie stanowi on izolowaną wyspę zieleni otoczonej terenami stopniowo przekształcanymi w zabudowę.

Na terenie zurbanizowanym Szanghaju, elementy systemu *ZI* rozmieszczone są w sposób niejednorodny. Centralne dzielnice, kształtowane od XIX wieku, dysponują rozproszonymi grupami zwartej zieleni, w tym ogrodami historycznymi. Podobnie jak w przypadku Pekinu, tak i tu nie są one jednak połączone lądowymi ani wodnymi korytarzami ekologicznymi, stanowiąc izolowane wyspy w matrycy miasta. Inaczej przedstawia się to zagadnienie na terenie nowej dzielnicy Pudong, gdzie już na etapie przygotowania inwestycji zadbano o zachowanie części terenów otwartych. Dzięki temu czytelny jest układ systemu *ZI*, który zawiera zarówno elementy wodne, jak i lądowe. Jednak w sprzeczności z ideą *ZI* stoi tworzenie obszarów inwestycyjnych na terenach wartościowych pod względem przyrodniczym, narażonych na niszczący wpływ czynników przyrodniczych.

SHENZHEN

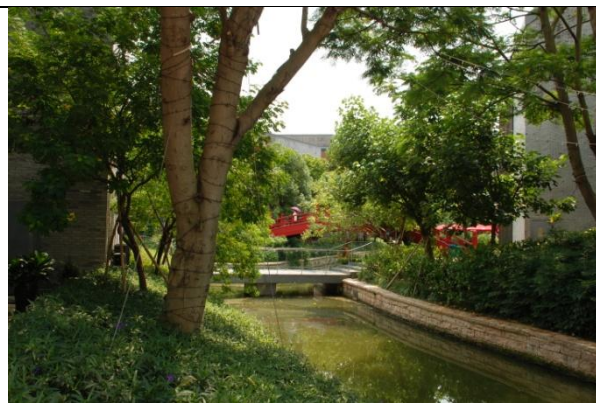
Miasto zostało założone w 1979 roku, a w 1980 uzyskało status Specjalnej Strefy Ekonomicznej. Ludność miasta liczyła początkowo 314100 mieszkańców (Shi, Yu 2014). Od chwili powstania jego struktura była kształtowana w kilku fazach, różniących się lokalizacją ośrodków rozwoju na obszarze Specjalnej Strefy Ekonomicznej (SSE), a także tempem rozwoju i charakterem powstającej zabudowy.

¹⁰ <http://www.turenscape.com/english/projects/project.php?id=443>, access: 05.09.2015

Pierwszy - etap wczesnej urbanizacji - obejmuje lata 1979-1985 i dotyczy obszarów dzisiejszego ścisłego centrum Shenzhen. Drugi etap - przyspieszonej urbanizacji - datowany jest na lata 1986 - 1995. Po nim nastąpił okres stabilizacji procesów urbanistycznych, który trwa do dnia dzisiejszego, przy czym wyróżnia się w nim fazę dostosowania (lata 1996-2000) oraz optymalizacji (2001 do dzisiaj). W kolejnych stadiach na potrzeby rozwoju miasta zajmowano początkowo płaskie tereny położone nad Zatoką Shenzheńską, wkraczając stopniowo na otaczające wzgórza w obrębie SSE, później także na tereny położone poza Strefą, w dzisiejszych dzielnicach Bao'an i Longgang (Quing et al. 2013). Od roku 2005 władze miasta wdrażają program działań na rzecz zrównoważonego rozwoju, który oparty jest na strategii Eco-City. Od 2010 roku został on przekształcony w formułę kształtowania pierwszego w Chinach Niskowęglowego Demonstracyjnego EkoMiasta. W projekcie tym szczególną wagę przywiązuje się do organizacji transportu, rozwoju zieleni miejskiej oraz zarządzania zasobami wody i odpadami (Liu et al. 2014).

Całkowita powierzchnia lądowej części aglomeracji wynosi obecnie ponad 1990 km² i zamieszkiwana jest przez 10,37 miliona mieszkańców (dane za rok 2010) (Shi, Yu 2014). Wielkość ta nie obejmuje obszaru wysp przybrzeżnych (Quing et al. 2013). Gęstość zaludnienia (2002 r.): 72,19 os./ha (Chen, Jia, Lau 2008). Na zieleni miejską składa się ponad 800 parków, z których część została stworzona w oparciu o pozostałości obszarów leśnych. Stąd obecność znacznej ilości dojrzałych drzew, które wraz z innymi składnikami zieleni zmagazynowały 1,19 mln. ton CO₂ i zatrzymują rocznie dalsze 290 tys. ton CO₂ (Chen 2015). W subtropikalnym klimacie miasta dominują gatunki zimozielone, w głównej mierze zaliczane do rodzaju *Ficus*. Odznaczają się one najwyższą zdolnością pochłaniania CO₂, która przekracza 10 t/ha/rok (Chen 2015).

Do 2030 roku Shenzhen stanie się częścią megamiasta okalającego brzegi Deltę Rzeki Perłowej. 11 miast budujących tę konurbację (w tym Macau i Hong Kong) zamieszkiwać będzie łącznie 80 milionów mieszkańców. Według planów, każdy fragment tego organizmu dostępny będzie w czasie godzinnej podróży szybką koleją. Scalenie 9 miast kontynentalnych i 2 terytoriów podległych (Macau i Hong Kong) stanie się rzeczywistością dzięki wielkim projektom infrastrukturalnym, które obejmują takie dziedziny jak transport, zaopatrzenie w energię elektryczną i wodę oraz telekomunikację. Nie obejmują one jednak zagadnień ekologicznych (Cooper 2014).



Fot. 5. Shenzhen. OCT Park. Zieleni antropogeniczna



Fot. 6. Shenzhen. Fragment miasta, widok z Meridian

nad sztucznym kanałem. Fot. aut. 09.2014.

View Center. Zwarta zabudowa ogranicza przestrzeń dla terenów zieleni. Fot. aut. 09.2014.

Wraz z rozwojem struktury przestrzennej miasta, zmianom podlegał także charakter i rozmieszczenie zieleni. Początkowo tereny wokół nowego miasta miały charakter rolniczy. Wraz z rozwojem zabudowy i zanikaniem tradycyjnego sposobu życia, część terenów uprawnych została opuszczona i w drodze sukcesji zyskała charakter leśny, by następnie ustąpić miejsca zabudowie i zieleni o charakterze antropogenicznym. Widoczny jest stały spadek powierzchni terenów zieleni, przy czym w relacji do całkowitego obszaru miasta zieleń stanowiła w 2005 roku ponad 61% jego powierzchni. Zmiany proporcji przestrzennej różnych typów zieleni w rozwoju miasta pokazuje tabela 2. W centralnej części miasta dominuje roślinność o charakterze antropogenicznym: urządzone skwery i parki, także zieleń przyuliczna, które odznaczają się niskim wskaźnikiem naturalności i bioróżnorodności. Niemal całkowicie niezauważalna jest zieleń o charakterze naturalnym. Potwierdzają to badania Quing et al. (2013). W badaniach zespołu, *Zielona Infrastruktura* jest pojęciem tożsamym z terenami zieleni o różnym charakterze: od naturalnej, poprzez półnaturalną (w tym przypadku obszary upraw uznane są za tereny zieleni półnaturalnej) po sztuczną. Oprócz zmiany jakościowej, obserwowanej od połowy lat 80-tych XX wieku, tereny zieleni w Shenzhen podlegają także przekształceniom ilościowym, w drodze procesów zanikania, wypełniania, segmentacji, fragmentacji i perforacji (Quing et al. 2013). Niekontrolowany rozwój miasta doprowadził do zniszczenia wielu zasobów przyrodniczych, w tym także ograniczenia naturalnej bioróżnorodności do kilku izolowanych enklaw.

Rok	Powierzchnia całkowita [km ²]	Zieleń naturalna [km ²]	Zieleń półnaturalna [km ²]	Zieleń antropogeniczna [km ²]
1985	1858,08	872,47	982,24	3,37
1990	1796,05	1026,99	752,47	16,60
1995	1464,39	1044,41	354,07	65,91
2000	1412,45	985,04	432,29	95,13
2005	1190,26	600,96	487,20	102,10

Tab. 2 Zmiana proporcji terenów zieleni o różnym charakterze w Shenzhen w latach 1985-2005 (wg Quing et al. 2013, opr. aut).

Według opracowania Shi i Yu (2014), tereny o najwyższych wartościach przyrodniczych, które pełnić mogą funkcje węzłowe w systemie *Zielonej Infrastruktury* Shenzhen, zajmują powierzchnię 974,5 km², łączyć je może ponad 615 km kanałów, które mogą stać się podstawą stworzenia 10 głównych korytarzy ekologicznych.

Należy wskazać przede wszystkim na niewykorzystanie szansy, jaką było stworzenie od podstaw miasta o zrównoważonym charakterze, w którym procesy przyrodnicze i rozwój tkanki urbanistycznej byłyby traktowane z jednakową powagą. Jak wskazują obserwacje własne autora i badania (Quing et al. 2013; Shi, Yu 2014), tereny zieleni traktowane są w głównej mierze jako element dekoracyjny dla nowo realizowanych inwestycji, bez uwzględniania ich znaczenia dla poprawy komfortu życia mieszkańców i jakości środowiska, a także korzyści ekosystemowych. W związku z pogarszającym się stanem środowiska i obniżeniem komfortu zamieszkania, władze miasta prowadzą obecnie prace nad wdrożeniem koncepcji Zi. Systemowe rozwiązanie, którego celem jest wzmocnienie korzyści ekosystemowych, przy jednoczesnym zrównoważeniu aspektów społecznych, ekonomicznych i

ekologicznych, zostało pozytywnie przyjęte przez władze lokalne i podjęto decyzję o jego wdrożeniu (Shi, Yu 2014).

WNIOSKI

Omówione miasta Chin cechuje niespotykana w Europie dynamika wzrostu populacji i powiększania powierzchni zabudowy. Można jednak naszkicować pewne uogólnienia, których wykorzystanie może wspierać zrównoważone kształtowanie miast europejskich w oparciu o koncepcję *Zielonej Infrastruktury*. Na podstawie analizy literatury przedmiotu nakreślić można obraz znacznego zaniedbania zagadnienia utrzymania i rozwoju systemu *ZI* w analizowanych miastach Chin kontynentalnych. Szersze zainteresowanie badaczy tym zagadnieniem czytelne staje się dopiero po 2010 roku. Brak jednak systemowego przeglądu nie tylko w całościowym ujęciu, ale także dla poszczególnych miast. Spośród badanych aglomeracji, jedynie dla Shenzhen została opracowana koncepcja systemu *Zielonej Infrastruktury*, która obejmuje jej wielowarstwową strukturę i szerszy wachlarz funkcji. W Szanghaju działanie systemowe w szerszej skali obejmuje obszar jednej dzielnicy - Pudong, na terenie której zlokalizowana jest znaczna część zielonego pierścienia miasta. W Pekinie, pomimo dostępności wyników badań podstawowych w zakresie potencjału kształtowania systemu *ZI*, brak jest kierunkowych działań władz.

Obserwuje się zmianę jakościową w proporcjach terenów zieleni w obrębie analizowanych miast. Następuje zanikanie obszarów o charakterze naturalnym i półnaturalnym, na rzecz systemów o charakterze sztucznym, antropogenicznym. Czytelna jest także tendencja do zmniejszania całkowitej powierzchni terenów zieleni, jak również postępująca ich fragmentacja i izolacja. Rozwój omawianych miast od końca lat 70-tych XX wieku jest w istocie zaprzeczeniem kolejnych teorii urbanistycznych związanych z kształtowaniem zrównoważonych ośrodków zamieszkania. Doprowadziło to do stanu znacznej nierównowagi ekologiczno-urbanistycznej, której przejawem jest między innymi duża podatność badanych miast na wpływ czynników środowiskowych oraz pogorszenie standardu życia. Działania zmierzające do ograniczenia wpływu zmian klimatu i poprawy poziomu życia mieszkańców poprzez wprowadzanie i kształtowanie elementów *Zielonej Infrastruktury* podejmowane są zbyt późno, co ogranicza ich efektywność i związane jest z ponoszeniem znacznych nakładów finansowych.

Przeprowadzone obserwacje terenowe wykazały brak konsekwencji w kształtowaniu elementów sieci *Zielonej Infrastruktury*. O ile zieleń towarzysząca historycznym założeniom ogrodowym i układom urbanistycznym jest zachowana w należyłym stanie, tak nowo kształtowane parki, ogrody i systemy przestrzenne są niejednokrotnie traktowane jak zieleń tymczasowa, która ustępuje miejsca powstającej zabudowie, co jest sprzeczne z zasadą trwałości, która jest jedną z podstawowych determinant kształtowania systemu *Zielonej Infrastruktury*.

Przeprowadzone badania wskazują, iż wdrożenie koncepcji *Zielonej Infrastruktury* zgodnie z jej podstawowymi założeniami, a więc przede wszystkim planowaniem strategicznym, może przynieść znaczące korzyści w wymiarze społecznym, ekologicznym i ekonomicznym. Zaniedbanie tylko jednego z pryncypiów filozofii *ZI* prowadzi do pogorszenia relacji człowiek-przyroda. Naprawa wyrządzonych szkód jest kosztowna, a często wręcz niemożliwa.

BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

1. *Asian Green City Index. Assessing the environmental performance of Asia's major cities. A research project conducted by the Economist Intelligence Unit, sponsored by Siemens, Siemens AG Corporate Communications and Government Affairs, München 2011, pp. 123.*
2. Benedict, M.A., McMahon, E.T., *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*, IslandPress, Washington, Covelo, London 2006, pp. 300.
3. Byrne, J.A., Lo, A.Y., Jianjun, Y., *Residents' understanding of the role of green infrastructure for climate change adaptation in Hangzhou, China* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 138(2015), Elsevier, 132-143.
4. Chang, S-D., *Beijing: perspectives on preservation, environment, and development* [in:] *Cities* 15(1)1998, Elsevier Science Ltd., 13-25.
5. Chen, H., Jia, B., Lau, S.S., *Sustainable urban form for Chinese compact cities: Challenges of a rapid urbanized economy* [in:] *Habitat International*, 32(2008), Elsevier, 28-40.
6. Chen, M., Liu, W., Tao, X., *Evolution and assessment on China's urbanization 1960-2010: Under-urbanization or over-urbanization?* [in:] *Habitat International*. 38(2013), Elsevier, 25-33.
7. Chen, W.Y., *The role of urban green infrastructure in offsetting carbon emissions in 35 major Chinese cities: A nationwide estimate* [in:] *Cities*, 44(2015), Elsevier, 112-120.
8. Cooper M., *China's Pearl River Delta: Tying 11 Cities into a Megaregion* [in:] *UrbanLand The Magazine of The Urban Land Institute*, September 22, 2014; source: <http://urbanland.uli.org/infrastructure-transit/chinas-pearl-river-delta/>; access: 23-05-2015, 19:05.
9. Czechowski, D., Hauck, T., Hausladen, G. (Eds.) *Revising Green Infrastructure: Concepts between Nature and Design*, Taylor & Francis Group, Boca Raton 2015, pp. 464.
10. Emmanuel, R., Loconsole, A., *Green infrastructure as an adaptation approach to tackling urban overheating in the Glasgow Clyde Valley Region, UK* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 138(2015), Elsevier, 71-86.
11. Estreguil, Ch., Caudullo, G., Miguel, JS., *Connectivity of Natura 2000 Forest Sites. Executive Report*, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Luxembourg, 2013, pp. 20.
12. Gao, W., Wang, X., Haifeng, L., Zhaod, P., Rene, J., Toshio, O., *Living environment and energy consumption in cities of Yangtze Delta Area* [in:] *Energy and Buildings*, 36(2004), Elsevier, 1241-1246.
13. Guo, Z., Huang, N., Dong, Z., van Pelt, RS., Zobeck TM., *Wind Erosion Induced Soil Degradation in Northern China: Status, Measures and Perspective* [in:] *Sustainability*, 6(2014), MDPI AG, Basel, 8951-8966.
14. Hongxiong X., Bo D., *The Impact of Typhoon Danas (2013) on the Torrential Rainfall Associated with Typhoon Fitow (2013) in East China* [in:] *Advances in Meteorology*, vol. 2015, Hindawi Publishing Corporation, 2015, Article ID 383712, 1-11.
15. Huang, Q., He, C., Gao, B., Yang, Y., Liu, Z., Zhao, Y., Dou, Y., *Detecting the 20 year city-size dynamics in China with a rank clock approach and DMSP/OLS nighttime data* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 137(2015), Elsevier, 138-148.
16. *Impact Forecasting. Annual Global Climate and Catastrophe Report 2013*, AON Benfield, Chicago 2014, PDF.
17. *Impact Forecasting. September 2013 Global Catastrophe Recap*, AON Benfield, Chicago 2013, PDF.

18. Jie Z., *Urbanisation in China in the Age of Reform* [in:] *Architectural Design*, vol. 78, No. 5, John Wiley & Sons, London 2008, 32-35.
19. Jinshuang M., Quanru L., *Flora of Beijing: An Overview and Suggestions for Future Research* [in:] *Urban Habitats*, vol. 1, No. 1, The Center for Urban Restoration Ecology, a collaboration between Rutgers University and Brooklyn Botanic Garden, New York 2003, 30-44.
20. Kowalski P., *Festiwale ogrodowe Gartenschau jako impuls dla aktywizacji małych miast niemieckich / Garden Festivals Gartenschau as an impulse for activation of small german cities* [in:] *Miasta małej i średniej wielkości*, Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej Wydziału Architektury Politechniki Śląskiej ULAR7, Gliwice 2013, 225-234.
21. Kowalski P., *Green infrastructure as a multifunctional tool for shaping cities of the future / Zielona Infrastruktura jako wielofunkcyjne narzędzie kształtowania miast przyszłości* [in:] Gyurkovich J. et. al. (ed.) *Future of the cities – Cities of the future / Przyszłość miast – miasta przyszłości*, Monografia 458, seria Architektura, Politechnika Krakowska, Kraków 2014, 98-113.
22. Kowalski P., *Kształtowanie systemów zieleni na obszarach miejskich. Zielona Infrastruktura w VIII dzielnicy Krakowa* [in:] *Przestrzeń i Forma 15_2011*, Szczecińska Fundacja Edukacji i Rozwoju Addytywnego „Sfera”, Szczecin 2011, 353-366.
23. Liauw L., *Leaping forward, getting rich gloriously and letting a hundred cities bloom* [in:] *Architectural Design*, vol. 78, No. 5, John Wiley & Sons, London 2008, 6-15.
24. Liu, G., Zhou, G., Wennersten, R., Frostell, B., *Analysis of sustainable urban development approaches in China* [in:] *Habitat International*, 41(2014), Elsevier, 24-32.
25. Liu, W., Holst, J., Yu, Z., *Thresholds of landscape change: a new tool to manage green infrastructure and social–economic development* [in:] *Landscape Ecology*, (2014)29, Springer, 729-743.
26. Ma, J., Liu, Q., *Flora of Beijing: An Overview and Suggestions for Future Research* [in:] *Urban Habitats*, 1(1)2003, The Center for Urban Restoration Ecology, a collaboration between Rutgers University and Brooklyn Botanic Garden, 30-44.
27. Norton, B., Coutts, A., Livesley, S., Harris, R., Hunter, A., Williams, N., *Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 134(2015), Elsevier, 127-138.
28. Pellegrino, P., Ahern, J., Becker, N., *Green Infrastructure: Performance, Appearance, Economy and Working Method* [in:] Czechowski, D., Hauck, T., Hausladen, G. (Eds.) *Revising Green Infrastructure: Concepts between Nature and Design*, Taylor & Francis Group, Boca Raton 2015, 385-403.
29. Qing, C., Shuangcheng, L., Yanglin, W., Jiansheng, W., Miaomiao, X., *Spatial process of green infrastructure changes associated with rapid urbanization in Shenzhen, China.* [in:] *Chinese Geographical Science*, 23(1)2013, Springer, 113–128.
30. Shi, P., Yu, D., *Assessing urban environmental resources and services of Shenzhen, China: A landscape-based approach for urban planning and sustainability* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 125(2014), Elsevier, 290-297.
31. Shiwen S., *The Institutional and Political Background to Chinese Urbanisation* [in:] *Architectural Design*, vol. 78, No. 5, John Wiley & Sons, London 2008, 22-25.
32. Streets D.G. et al., *Air quality during the 2008 Beijing Olympic Games* [in:] *Atmospheric Environment*, vol. 41(2007), Elsevier, 2007, 480-492.

33. Szulczewska, B., Giedych, R., Borowski, J., Kuchcik, M., Sikorski, P., Mazurkiewicz, A., Stańczyk, T., *How much green is needed for a vital neighbourhood? In search for empirical evidence* [in:] *Land Use Policy*, 38(2014), Elsevier, 330-345.
34. *Towards a Green Infrastructure for Europe. Developing new concepts for integration of Natura 2000 network into a broader countryside*; EC study ENV.B.2/SER/2007/076; wyd. European Commission, 2010.
35. Vogel, R.K., Savitch, H.V., Xu, J., Yeh, A.G.O., Wu, W., Sancton, A., Kantor, P., Newman, P., Tsukamoto, T., Cheung, P.T.Y., Shen, J., Wu, F., Zhang, F., *Governing global city regions in China and the West*, *Progress in Planning* 73(2010), Elsevier, pp. 75.
36. Walcott, S.M., Pannell, C.W., *Metropolitan spatial dynamics: Shanghai*, [in:] *Habitat International*, 30(2006), Elsevier, 199-211.
37. Wang, H.-B., Li, H., Ming, H.-B., Hu, J.-H., Chen, J.-K., Zhao, B., *Past land use decisions and socioeconomic factors influence urban greenbelt development: a case study of Shanghai, China* [in:] *Landscape Ecology*, 2014(29), Springer, 1759-1770.
38. Wei, Y.D., Yu, D., *State policy and the globalization of Beijing: emerging themes* [in:] *Habitat International*, 30(2006), Elsevier, 377-395.
39. Weiwen H., *Urbanisation in Contemporary China Observed* [in:] *Architectural Design*, vol. 78, No. 5, John Wiley & Sons, London 2008, 26-31.
40. Yang J., McBride J., Jinxing Z., Zhenyuan S., *The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction* [in:] *Urban Forestry & Urban Greening* 3(2005), Elsevier, 65-78.
41. Yin, J., Yu, D., Yin, Z., Wang, J., Xu, S., *Modelling the anthropogenic impacts on fluvial flood risks in a coastal mega-city: A scenario-based case study in Shanghai, China* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 136(2015), Elsevier, 144-155.
42. Yuan, Z., Zheng, X., Lv, L., Xue, C., *From design to digital model: A quantitative analysis approach to Garden Cities theory* [in:] *Ecological Modelling*, 289(2014), Elsevier, 26-35.
43. Zachariasz A., *Zieleń jako współczesny czynnik miastotwórczy ze szczególnym uwzględnieniem roli parków publicznych*, monografia 336, seria architektura, Politechnika Krakowska, Kraków, 2006.
44. Zhang, L., Wu, J., Zhen, Y., Zhu, J., *A GIS-based gradient analysis of urban landscape pattern of Shanghai metropolitan area, China* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 69(2004), Elsevier, 1-16.
45. Zhang, B., Xie, G., Li, N., Wang, S., *Effect of urban green space changes on the role of rainwater runoff reduction in Beijing, China* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 140(2015), Elsevier, 8-16.
46. Zhao, J., Chen, S., Jiang, B., Ren, Y., Wang, H., Vause, J., Yu, H., *Temporal trend of green space coverage in China and its relationship with urbanization over the last two decades* [in:] *Science of the Total Environment*, 442(2013), Elsevier, 455-465.
47. Zhao, J., Lin, L., Yang, K., Liuc, Q., Qian, G., *Influences of land use on water quality in a reticular river network area: A case study in Shanghai, China* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 137(2015), Elsevier, 20-29.

Strony internetowe:

1. <http://www.turenscape.com/english/projects/project.php?id=443>, access: 05.09.2015.
2. <http://urbanland.uli.org/infrastructure-transit/chinas-pearl-river-delta/>, access: 23-05-2015.
3. <http://www.worldometers.info/world-population/china-population/>, access: 30.09.2015.

Summary

The concept of *Green Infrastructure* is one of key tools allowing for sustainable development of urban areas, it being a strategic activity with goals defined for up to several decades. Among the most important assumptions that accompany designing the *GI* system is the formation of multi-functional spaces where the course of natural processes is preserved, while also serving social and economic functions. The key role is played by the sustainability of the system, whose operation is programmed with an eye towards future generations, not only current needs. The desirability of implementing the concept of *Green Infrastructure* is illustrated by numerous examples in the US and Europe. They include operations of varied scale, contributing to the improvement of man–nature relations. The article presents *GI* activities in Chinese cities: Beijing, Shanghai and Shenzhen. A critical analysis of the implementation of the *GI* concept in individual cities is also presented.

Key words: *Green Infrastructure*, China, sustainable urban development

Introduction

At a global level, the dynamic development of urban areas leads to a growing imbalance between natural ecosystems and invested areas. More and more often the natural elements are violently entering city areas, leaving many dead or injured, also causing huge material losses. One of the fastest growing regions of the world is currently China, where the process of urbanization has reached unprecedented proportions. Since 1978, when Special Economic Zones (Shantou, Shenzhen, Zhuhai, Xiamen, Hainan) were first created, and despite legal restrictions on migration from rural to urban areas, urban population has increased from 170 to 670 million in 1978–2010 (Liauw 2008; Weiwen 2008; Chen, Jia, Lau 2008; Chen, Liu, Tao 2013).¹ The cities are now inhabited by 50% of China's population, simulations indicating that by 2025 the number of urban dwellers will have reached 1 billion, living in – among other – eight mega-cities with a population exceeding 10 million (Liu et al. 2014). The process of mass migration involves mainly the areas of the southern and eastern coasts of China, which are at the same time characterized by the largest number of natural, climate-meteorological disasters. Only in 2013 the area was hit by five typhoons, of which three (Haiyan, Utor and Usagi) were classified as the strongest Fifth Category. Heavy rain associated with a series of cyclones affected many urban areas, including Beijing, Shanghai, Hong Kong and Shenzhen, leading to huge financial losses. The value of the damage caused by only one Super Typhoon (Usagi) amounted to 3.8 billion US dollars. At the same time, the central and eastern parts of the country experienced a record-breaking summer heat and a resulting drought, which produced economic losses of up to 10 billion US dollars. (*Impact Forecasting. September... 2013; Impact Forecasting. Annual... 2013; Zhang et al. 2015*) The increasing air pollution is another climactic phenomenon occurring in Chinese agglomerations that is extremely dangerous to the health of the inhabitants of megacities. As shown in many studies, 16 out of

¹ Individual authors refer to different time periods in the reporting period. The values given are the summary of the data contained in the cited publications.

20 most polluted cities in the world are located in China (Liau 2008; Liu 2014). Over a number of days each year, both the particulate (PM₁₀, PM_{2.5}) and ozone (O₃) levels substantially exceed norms (Streets D. et al. 2007). Other dangerous factors affecting Chinese cities, especially the northern, arid part of the country, include air pollution as a result of aeolian erosion. This phenomenon can be observed in about 9% of the country, affecting significantly the quality of the atmosphere in the cities, including Beijing (Guo 2014). The situation in terms of supply of urban drinking water from both surface reservoirs and groundwater is also critical. The systematic lowering of the water table due to over-exploitation, as well as pollution and silting of reservoirs, cause constraints in the supply of drinking water (Chang 1998). The cities located in the monsoon area of the eastern and southern coasts are also threatened by floods caused by both heavy rain and backflow of sea water (Yin et al. 2015). One of the tools that can be used to alleviate the growing social and climatic problems is the *Green Infrastructure*, understood as a network of natural, quasi-natural and man-made green areas, forming a coherent system whose resources are used for both the needs of local communities and the functioning of ecosystems.

Aim

The aim of the study is to assess the application of the concept of *Green Infrastructure* as an effective and economical tool for sustainable development in the context of the dynamic development of big cities as illustrated by selected agglomerations of mainland China, and applying their experience to European conditions.

Material and Methods

An analysis of literature on mainland Chinese megacities² has shown a noticeable lack of a precisely defined study area in the cited publications. Data are often given for the entire agglomeration area, and in other cases – only the very centre. Review papers, especially those published by Chinese authors, often disregard the territory of Hong Kong, which in 1997 formally became part of China, and are guided by the principle: one country, two systems. It is therefore impossible to make a direct comparison between individual values for mainland cities and island territories, such as Macau and Hong Kong. Noticeable are also contradictions in the data given by various authors, in particular on the dynamics of changes in the size of green areas (e.g. Zhao et al. 2013 vs. Liu, Holst, Yu 2014).

China is an interesting area of research due to the fact that while in the second half of the 20th century in most countries of the world the number of cities was stable, in China it grew significantly because of the official policy of boosting the pace of urbanization promoted by the central government. In 1982–1997 the number of cities increased from about 250 to more than 650 (Liu et al., 2014; Huang et al. 2015). China is currently the most populous country in the world, its population estimated at 1.4 billion people³, its territory being proportionally

² In the literature presented the term "megacities" refers to centres with a population of over 1 million inhabitants.

³ <http://www.worldometers.info/world-population/china-population/>, accessed on 30th September 2015

small in relation to the number, resulting in a significant reduction in available space. For example, the area of arable land per capita is only a third of the world average, and the size of green areas per city dweller is only 10% of the number recommended by the United Nations, amounting to 6.83 m². Therefore, Chinese cities are formed in a compact way, spanning as little area as possible and with a high population density. The consequence of this approach is, *inter alia*, excessive loading of available green areas, as well as the need to incorporate them for construction (Chen, Jia Lau 2008).

It is worth noting that the issues of development and shaping of cities in China go beyond the scales considered in European and American theoretical studies, mainly due to large populations living in the agglomerations, but also the area covered (Chen, Jia, Lau 2008; Vogel et al. 2010; Chen, Liu, Tao 2014). In 1992–2008 the total area of cities in mainland China (excluding Hong Kong, among other) increased from 27,500 km² to approximately 73,000 km², reaching the average yearly growth rate of 2,679 km². A rapid growth of city areas was reported in 2000–2003. The main areas of dynamic urban development in China are the deltas of large rivers – the Pearl and the Yangtze, and the Beijing-Tianjin agglomeration (Huang et al. 2015). With the launch of the development program of Special Economic Zones (SEZ) in 1978, separate zones were created in almost every region of China. Initially, the program included 14 cities on the eastern and southern coasts of the country, and then the neighbouring cities, the so-called second tier. It was only after the year 2000 that the program included the cities in the interior of China, including the politically and socially unstable western part of the country. The guidelines were aimed at the development of economic and political aspects, excluding the issues of sustainable (Wei, Yu 2006; Weiwen 2008) and social development. Urban centres became communities of workers coming from rural areas who – lacking the status of “townspeople” – did not identify themselves with their new place of residence (Weiwen 2008). Central planning, together with the decentralization of economic centres, led to improper disposal of existing environmental and spatial resources. Different regions, competing to attract investments, began to create separate financial, industrial and service centres in an uncoordinated fashion, contending for available areas and financial, energy and human resources. One example of such activities is the area of the Pearl River Delta, where five independent large airports were situated in neighbouring cities, and cannot be fully utilized because of the limited air traffic organization. The pursuit of potential profits has also led to uncontrolled spatial development. Despite the under-utilization of existing projects (office buildings, business and industrial centres etc.), new investments are being implemented. These, though realized under different slogans of sustainable development, promoted by state authorities since the early 1990s (including the so-called Ecocities, Garden Cities, Low-Carbon Cities), are ordinary real estate projects. In recent years (i.e. after 2000) many adverse social changes have been observed, which resulted in the authorities directing their efforts towards a more sustainable social development, including communal housing, social services and transport (Jie 2008; Vogel et al., 2010; Liu et al. 2014). This also includes an improvement in the availability of green areas in urban areas as well as maintenance and development of new sites offering diverse ecosystem benefits (Chen 2015). It is noteworthy that in 1989–2009 the

rate of average size of green areas in mainland Chinese cities increased from 17 to 37.3%⁴, bearing in mind, though, that the cities with the highest percentage of these areas also had planned extensive gardens (Zhao et al. 2013).

Principles of *Green Infrastructure (GI)*

The concept of *Green Infrastructure* is used in a variety of scales, from small-scale local projects that cover the urban quarter, through medium-scale regional activities, to large-scale initiatives covering the entire continent (Benedict, McMahon 2006; *Towards...* 2010; Estreguil, Caudullo, Miguel 2013). In the scale of the city, *GI* is defined as a network of designed and non-designed green areas, constituting both public and private properties, and managed as an integrated system that brings a variety of benefits both for society and the environment. It includes remains of natural greenery, as well as arranged green areas and those created using various technologies, such as green roofs, reservoirs, green walls (Norton et al. 2015). These elements form a system which consists of core areas (large areas with maximum biodiversity), and a network of ecological corridors that link them, built along water courses and other types of linear greenery and surface waters. An integral component of the *GI* structure are also the so-called “spots”, or isolated patches of greenery and open water, indirectly connected to the system by means of ecological corridors, but located at a distance that allows a free migration of animals and plants (Benedict, McMahon 2006).

Creating *Green Infrastructure* systems is based on a number of principles, which together enable a sustainable use of natural resources while maintaining mutual benefits for both the environment and local communities. Out of the decalogue of principles guiding the planning of *Green Infrastructure* projects (Benedict, McMahon 2006; Kowalski 2011), those currently in the foreground are aspects of using ecosystem benefits (services) for multifunctional land use, taking into account the aesthetic qualities of the area.

Benefits of implementing the *Green Infrastructure* concept

In all its forms, *Green Infrastructure (GI)* is essential for the formation of the climate of the city. Both in cities located in hot and moderate climates it helps to reduce the effect of the urban heat island, thanks to all kinds of technical solutions, such as green roofs, permeable pavements, or tree planting. For example, increasing urban green areas by 10% contributes to a decrease in the maximum temperature by 1° C (Kowalski 2014; Emmanuel, Loconsole 2015; Norton et al. 2015).⁵ *GI* systems play a significant role in the retention and purification of rainwater (Pellegrino, Ahern, Becker 2015; Zhang et al. 2015; Zhao et al. 2015). Green areas contribute to the reduction of particulate and gaseous pollutants, the efficiency of the purifying performance, however, is closely associated with age (size) and the condition of the stand as well as the length of the vegetation period (Yang et al., 2005; Chen 2015). The

⁴ More specifically, the proportion of green areas in cities was in the range of 2.8% to 69.9%. The area of green areas in 59.7% of Chinese cities exceeded 37.3%, as of 2009 (Zhao et al. 2013).

⁵ Also numerous reports presenting results of applying the *Green Infrastructure* strategy show a wide range of environmental, economic and social benefits of a project that is properly prepared and carried out, e.g. *Banking on Green: A Look AT How Green Infrastructure Can Save Municipalities Money and Provide Economic Benefits Community-wide. A Joint Report by American Rivers, the Water Environment Federation, the American Society of Landscape Architects and ECONorthwest*, 2012; *Kansas City*

functioning of the *Green Infrastructure* also brings visible economic benefits in the form of restricting expenditures necessarily associated with the construction and maintenance of systems of sewage and rainwater purification, as well as with an increase in property values. A positive correlation between the size of green areas and GDP is also pointed out (Benedict, McMahon 2006). Greenery also reportedly improves health and well-being of inhabitants. To achieve good results it is necessary to ensure a minimum ratio of biologically active compounds, which consists of arranged and non-arranged green areas and surface waters. Research shows (Szulczewska et al. 2014) that the minimum rate of biologically active surface should constitute 41–48% of the city, which would allow a thermal comfort of inhabitants and a proper course of hydrological processes. Systems of urban green areas are also an important factor affecting the spatial shape of cities of different sizes (Zachariasz 2006; Kowalski 2014).

Perception and application of the concept of *Green Infrastructure* in China

Green Infrastructure does not currently constitute an institutionalized form of action in China. What is more, bottom-up initiatives to build and maintain the system of *GI* are deprived of state financial support, and structural activities that would allow a simultaneous development of “gray” and “green” infrastructure are not integrated (Chen 2015). One of the factors that could support the development of *Green Infrastructure* is the legal status of land in the cities. According to Chinese law, the land is owned collectively, but so far only in a few cases were the state planning activities aimed at the development of cities in a sustainable manner, ensuring the availability of housing for families with average incomes, while preserving natural resources (Chang 1998; Shiwen 2008).

The application of the *GI* concept to improve the quality of life of Chinese city-dwellers is met with social understanding and acceptance. In some cities (e.g. Hangzhou) *GI* is applied in neglected areas, located under flyovers and along roads. The concept of *Green Infrastructure*, however, is mostly identified with the planting of trees. Greenery in cities is treated in a mono-functional way and is often used as a decorative element, a “pleasure garden”, although the location of green areas is unfavourable taking into account active recreation. An active policy of increasing the size of green areas and improving their availability in the cities (Zhao et al. 2013; Chen, 2015; Byrne, Lo, Jyanjun 2015) is implemented. Currently an increasing importance is given to the role of green areas as a significant factor influencing the climate of the city and water relations. Also important is the role of *GI* systems in the absorption of CO₂ generated in cities. To improve the efficiency of this process, it is proposed that species retaining the most CO₂, adapted to individual climate zones of China, be used. In order to obtain results associated with increased CO₂ levels as quickly as possible, mature trees are generally planted in Chinese cities⁶, though most of the trees in cities such as Beijing, Shanghai, and Hangzhou are classified as young, under the age of 25 (Chen 2015). The importance of urban green areas in reducing the size of surface outflow was examined for the Beijing’s 5th Ring Road. The analyses have shown that a reduction in the size of green areas in 2000–2010

⁶ In contrast to European and US practices, mature trees are not derived from plant nurseries, but directly from natural habitats. Since the plants are not prepared for replantation, a high percentage of them are rejected and replaced with trees taken from the woods.

reduced the potential of natural retention by 6 percentage points. It was replaced by the development of a stormwater drainage system. This happened despite the available results of research conducted in the Beijing area since the mid-1990s, which proved the effectiveness of green cover in reducing surface runoff and improving the quality of rainwater (Zhang et al. 2015). Similar studies were performed in Shanghai (Zhao et al. 2015).

Method

Research prior to the preparation of this publication was conducted in two ways: (1) a critical evaluation of the literature was completed, focusing on the assessment of urban greenery and the use of existing resources in shaping the system of *Green Infrastructure* in selected cities in China. The literature review included, *inter alia*, a conversion and standardization of space units mentioned in bibliographic references. (2) field studies were performed, which included a verification of the condition of green areas as well as prospects for the sustainability of historical and contemporary green areas. The work covered cities with different cultural and economic dynamics of development in the scale of the country. The choice of research areas was made taking into account the following aspects: (1) the way of forming the city structure up until the 19th century. (2) the development of the city throughout the 19th, 20th and 21st centuries, including the impact of various cultural influences (both domestic and foreign), and the diversification of economic and social functions of the city during that period. An important selection criterion was also whether the city held any important cultural events of international nature, which often become a stimulus for changes in the spatial structure of the city. As a result of a critical analysis of the literature, three big cities were identified, differing significantly in their origins as well as their socio-economic role today and in the past:

1. Beijing – the current capital of China, an important cultural and economic centre, from the 13th century onwards performing essential administrative functions. Up until the mid-19th century it had been insulated from the influence of Western culture, which allowed the preservation of the historical urban layout and greenery of the central part of the city. Until Mao's Cultural Revolution it had remained a city of politics and culture, after 1949 gaining the status of an industrial city. Despite significant transformations of its greater part, the historically formed green areas accompanying the extensive complex of the Imperial Palace (Forbidden City) (Chang 1998) retained their significance in the spatial structure of central districts. The great event of international importance which marked the beginning of the next phase of city transformation was the Summer Olympic Games in 2008.
2. Shanghai – a port city situated at the mouth of the Yangtze River where it meets the East China Sea, of key economic importance, both historical and contemporary (Walcott, Pannell 2006). The structure of the city was formed as late as the 19th century. Extensive trade relations and opening to Western cultural influences are visible in the spatial arrangement of some districts (Bund). In 1979 it was granted the Special Economic Zone status, the aim of which is to boost economic exchanges with the world. The city is characterized by a very low rate of green areas per capita, even compared to other urban Chinese agglomerations (Gao et al., 2004). In 2010 the city was home to the World Exhibition EXPO, an event of major international importance.

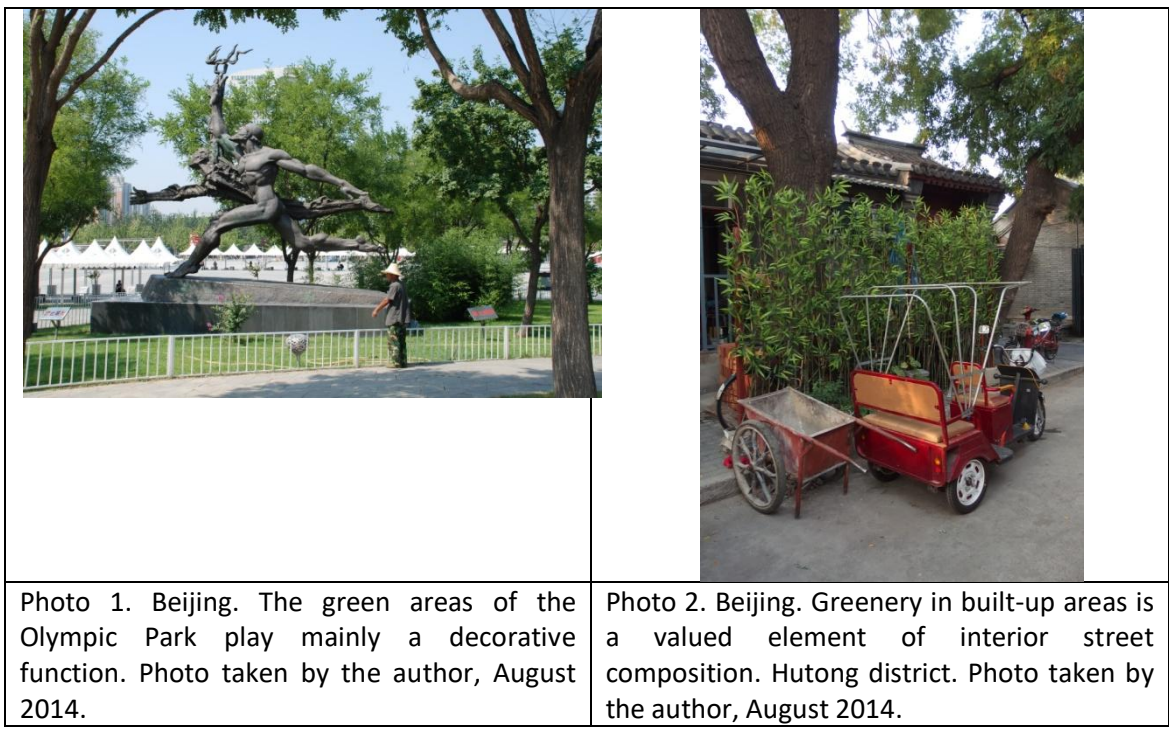
3. Shenzhen – a city with a unique character, established from scratch in 1979 in what was before a fishing village. It was established as a Special Economic Zone, near the border with Hong Kong. Initially, the main focus of its development was placed on the creation of areas attractive for foreign investors. Only after more than 20 years of construction, assumptions were made to find a new, environmentally friendly balance of development. In the system of urban greenery an important role is played by remnants of a tropical forest, scattered on the hills surrounding the central part of the city.

Case study. Analysis of selected cities with regard to the functioning of *Green Infrastructure*

BEIJING

The city has been the capital of China since the 13th century⁷. The central part spans the Imperial Palace – the Forbidden City – whose layout remained nearly unchanged from the 14th to late 19th century. In its structure, in addition to nearly 9,000 buildings, a significant role was played by the vast gardens, connected both with the palace complex, as well as satellite Temples: of the Earth (in the north), the Sun (in the east), the Moon (in the west) and the Heaven (in the south). The transformation of the Forbidden City began in the 1950s, when it became part of the Beijing reconstruction program, and included partial demolition of the walls and buildings of the palace (Chang 1998; Wei, Yu 2006). With the change in development strategy – from a political and cultural centre to an industrial city – a significant inflow of people was recorded, and consequently a sharp increase in city size. Heavy industry, petrochemical, electronics, textile and food companies set up their main offices here. As a result, Beijing became the second biggest industrial city of China after Shanghai. In 1953–2000, the population of metropolitan Beijing quadrupled, increasing from about 3 to almost 14 million inhabitants (Jinshuang, Quanru 2003; Yang et al. 2005). Currently (as of 2010) the area is inhabited by 17 million people. The built-up area increased from 109 km² in 1949 to 1,350 km² in 2009 (Zhang et al. 2015). Today the agglomeration of Beijing consists of 16 districts, covering the area of 16,808 km², which extend over a distance of 180 km in the north-south axis, and 160 km from east to west. The inner metropolitan area, comprising 8 districts, covers an area of 1,385 km², and has a population of 8.5 million inhabitants (Jinshuang, Quanru 2003; Yang et al. 2005). The population density is 95.4 people per hectare (2002) (Chen, Jia, Lau 2008).

⁷ Almost continuously. Periodically, Nanjing was the state capital.



Green areas in Beijing cover 626.72 km² (Chen 2015); however, a systematic reduction of this value can be noticed. Data show that in 1992–2004 it decreased by 1,857 km², including both crop areas, pasture areas and surface waters (Liu, Holst, Yu, 2014),⁸ and in 2010 it constituted 14,68% of the city. At the same time, there has been a recorded increase in the park area of inner districts, which in 2000–2010 exceeded 6% per year. As a result of all the transformations, green area in the central area of Beijing decreased from 1,041 km² to 842 km². There has also been a growing isolation and fragmentation of green areas, which is not conducive to maintaining a system of *Green Infrastructure* (Zhang et al. 2015). Changes in the structure and size of green areas in Beijing are presented in Table 1. Currently the ratio of green areas per capita in Beijing is 88 m² (*Asian Green...* 2011).⁹ The effect of limiting the *Green Infrastructure* in Beijing is – among other things – reducing rainwater retention, which together with the intensive exploitation of groundwater with more than 40,000 wells, contributed to lowering the groundwater level by 45 m over 40 years, from the 1950s to 1990s. While considering the concept of *Green Infrastructure* it is interesting to point out that in the mid-90s, 62% of water in the area of urban Beijing was consumed by the agricultural sector. The greatest demand for water is associated with the cultivation of rice in the dry climate of Beijing – crops area in 1990 covered more than 32,000 hectares (Chang 1998).

Year	Type of land cover Area covered [km ²]						
	Forest	Grassland	Crops	Wasteland	Water	Σ	Green Impermeabl

⁸ A direct comparison of these data is impossible. The authors probably refer to the central metropolitan area (Chen 2015) and to the entire agglomeration (Liu, Holst, Yu 2014).
⁹ The specified value should be interpreted as relating to the size of the whole metropolitan area, not just inner-city districts.

						Infrastructure	Green surfaces
--	--	--	--	--	--	----------------	----------------

2000-2005	135,20	91,96	-295,09	2,13	-11,56	-65,80	77,37
2005-2010	-73,40	31,29	-76,34	-14,23	-3,88	-77,28	141,83
2000-2010	61,81	123,25	-371,44	-12,10	-20,71	-198,49	219,19

Table 1 Changes in land cover in 2000–2010 (by Zhang et al. 2015); author's compilation

Beijing belongs to those Chinese cities where historical gardens associated with the Empire play an important role in the system of urban green infrastructure. Thanks to there being a lot of old trees in urban parks, green areas now store a total of 1.2 million tonnes of CO₂, every year adding to the count another 130 thousand tonnes (Chen 2015). In addition, trees growing in the central park area also accumulate particulate (PM₁₀) and gaseous matter (O₃, SO₂) (Yang et al. 2005). The structure of the stand is dominated by species grown in temperate climates, such as *Platanus* sp., *Populus* spp., *Sophora japonica*, *Ginkgo biloba*, *Robinia* spp., *Juniperus* spp., *Ulmus pumila*, *Acer truncatum*, *Ailanthus altissima*, *Fraxinus* spp., *Pinus* spp (Ma, Liu 2003). The phytosanitary condition of Beijing dendroflora is varied. Research by Yang et al. (2005) and the author's observations (2014) show that most of the trees are in an average, good and very good phytosanitary condition but the condition of almost 30% of them is considered to be bad.

The distribution of *Green Infrastructure* in the central area of Beijing is heterogeneous. It consists of areas of historical parks, creating isolated islands of compact development. The system of connections in the form of ecological corridors is poorly developed and confined mainly to the greenery accompanying sequences of communication. It plays a mostly decorative function, with many streets having a compact group of planned vegetation. It requires systematic care as well as irrigation, which further contributes to the deterioration of the water balance of the city and increases CO₂ emissions. *Green Infrastructure* elements associated with building areas are a highly valued part of the landscape also at the smallest scale, helping to improve the aesthetics of the interior of building blocks and narrow streets. The system of rivers and canals connecting numerous urban waters has not been incorporated into the system of *GI*. In their vicinity, no buffer zones with green areas have been developed that would separate building areas from the water.

Major infrastructure projects are currently underway to improve air condition, reduce the effect of urban heat island, as well as to increase water retention and to ensure adequate supplies of drinking water in the city. These take the form of planting desert areas surrounding the north-western part of the city with herbaceous vegetation and shrubs, and retaining surface waters outside the city limits. As part of the 2008 Olympics, an extensive program of reconstruction was implemented in the central districts of Beijing, which included the creation of new green areas surrounding Olympic buildings. These are mostly governed by aesthetic function, their design and maintenance not being a priority as far as issues related to the use of potential eco-system benefits are concerned.

SHANGHAI

It is one of four autonomous cities, forming an independent administrative unit. In 2009 the population of Shanghai reached 19.21 million of permanent residents, making it the most populous city in China. Population density (2002): 178.88 people per hectare (Chen, Jia, Lau 2008). The Shanghai metropolitan area covers 6,340 km², the maximum span on the N-S axis being 120 km, and the E-W axis – 100 km. 570 km² of the area are covered by surface waters (Zhang et al. 2004; Zhao et al. 2015) which constitute excellent potential for the development of *Green Infrastructure*. Urban area covers about 800 km² (as of 2000, as cited in: Zhang et al. 2004) while green areas in the metropolitan area cover 1,201.48 km² (2010). More than 2 million tonnes of CO₂ are stored in this area, and the storage capacity is estimated at 140 thousand tonnes of CO₂ per year. This high value is due to a significant share of mature stand in urban green areas (Chen 2015). In the urban area, the ratio of green areas is 2.4 m²/capita. Here, green areas cover only 5% (Gao et al. 2004) to 10% (Zhao et al. 2015) of the total area of the city. To increase this ratio, about 27,000 hectares of forest are planned to be planted in the next few years (Zhao et al. 2015). Among the species that make up the core of the stand in the city are: *Cinnamomum japonicum*, *Machilus thunbergii*, *Castanopsis sclerophylla*, *Schima superba* and *Cyclobalanopsis glauca*. The herbaceous vegetation of the wetlands is shaped mainly by *Phragmites australis*, *Scirpus mariqueter* and *Spartina alterniflora*. These are species typical of the subtropical climate zone (Zhang et al. 2004).



The city is located in the delta of the Yangtze River. The average height of the area is only 4 metres above sea level. This unusual location, coupled with the ongoing subsidence of the land, causes a high risk of flooding. Threat is posed both by tidal waves, storms caused by monsoon winds, as well as fluctuations in the level of the rivers flowing through the city (the Yangtze and Huangpu). In order to protect the city against floods, starting with the 1960s embankments have been constructed and their height gradually increased after successive floods in 1962, 1974, 1981, 1997, and are now said to protect the very centre of the city from the 100-year flood (Yin et al. 2015).

The population of Shanghai is steadily increasing, and therefore significant changes have been observed in land use in the city centre. As a result of rebuilding the city centre, inhabited areas are transformed into commercial zones, which results in a displacement of residents to the

suburbs, where, in turn, agricultural land is transformed into urban areas. Consequently there is a continuous perforation of green areas, especially in the suburbs (Walcott, Pannell 2006; Vogel et al. 2010). In order to limit the negative effects of the reduction of green areas, in 1994 it was proposed that a green ring (Greenbelt-u) be created around the outer ring road of the city, which may become an important component of urban *GI* in Shanghai. The planned length of the foundation is 97 km, and its size – 72 km². According to the plan, the ring will include woodland, cultivated areas and recreational parks. Until 2005, only 58% of the project had been completed. The greater part of land transformation entails planting areas not yet wooded and the densification of the existing forest. Almost half of the green belt is in the district of Pudong, and is now protected against urban occupation (Wang et al. 2014). This district was established on agricultural land (Walcott, Pannell 2006), in a manner contrary to the principles of forming *Green Infrastructure*. Numerous investments were made on floodplains, reducing the comprehensive benefits of the ecosystem derived from open areas of crops. Another important element contributing to the potential development of the city in accordance with the *GI* is Zhujiajiao – a Shanghai district considered to be a garden city. Located on water in 2008, it received a silver medal in the Liveable Communities competition, in B category (city inhabited by 20–75 thousand inhabitants). The proportions of spatial elements of Zhujiajiao are very similar to the theoretical solutions proposed by E. Howard for the garden city (Yuan et al. 2014).

In connection with the World Exhibition EXPO 2010, an ambitious project to revitalize former shipyard sites located on the banks of the Huangpu River was realized, developed by the Turenscape studio. It perfectly matches the guidelines *Green Infrastructure*. The area of the future 14-hectare park, located in the western part of the district of Pudong, was degraded: a significant pollution of soil and river contamination were demonstrated, which is considered dangerous for swimming and unfit for any other forms of recreation. The implementation of the project, whose value is estimated at 4.2 million, has brought multilateral benefits to economy, environment and society, as well as the landscape. Particularly noteworthy is the innovative use of large-scale natural ability to filter exhibited by wetlands. Cascade-shaped terraces planted with meticulously selected vegetation allow for clearing 2,400 m³ of Huangpu River water, raising it from the 5th Category (lowest) to 3rd Category¹⁰. Around the park, however, a system of corridors that would connect with other green areas was not developed; in effect, it constitutes an isolated island surrounded by green areas gradually transformed into construction areas.

In the urban area of Shanghai, *GI* elements are arranged in a non-uniform manner. Central districts, formed from the 19th century onwards, have scattered groups of dense greenery, including historical gardens. As in the case of Beijing, so here, they are not connected using terrestrial or aquatic ecological corridors, thus constituting isolated islands in the city matrix. This issue is dealt differently in the new district of Pudong, where already at the stage of investment preparation care was taken to preserve part of the open areas. As a result, the *GI* system is clear, and contains both water and land. However, what goes against the idea of *GI* is the creation of investments in areas valuable for its nature, thus exposing them to the destructive influence of environmental factors.

¹⁰ <http://www.turenscape.com/english/projects/project.php?id=443>, accessed on 5th September 2015

SHENZHEN

The city was founded in 1979, and in 1980 it was granted the Special Economic Zone status. The population of the city was initially 314,100 inhabitants (Shi, Yu 2014). Since it was founded, its structure has been shaped in several stages, with different development centres located within the Special Economic Zone (SEZ), as well as a different pace of development and nature of the ongoing construction. The first early stage of urbanization (1979–1985) included areas of what today is the centre of Shenzhen. The second stage – of accelerated urbanization – covered the years 1986–1995, followed by a period of stabilization of urban planning processes, which continues to this day, and subsumes the phase of adjustment (1996–2000) and optimization (2001 onwards). The following stages of city development initially included incorporation of flat terrains located on the Gulf of Shenzhen, gradually extending to the surrounding hills within the SEZ, later also the areas located outside the Zone, in what today are the districts of Bao'an and Longgang (Quing et al. 2013). Since 2005, the city government implemented a program of action for sustainable development, based on the Eco-City strategy. Since 2010 it has been transformed into a formula of shaping China's first Low-carbon Demonstration Eco-City. In this project, special attention is paid to the organization of transport, development of urban green areas, management of water resources and waste (Liu et al. 2014).

The total area of land covered by the agglomeration is now over 1,990 km², inhabited by 10.37 million people (as of 2010) (Shi, Yu 2014). This number does not include the area of offshore islands (Quing et al. 2013). Population density (2002): 72.19 people per hectare (Chen, Jia, Lau 2008). The city's green areas consist of more than 800 parks, some created in residual forest areas. Hence the presence of significant amounts of mature trees, which together with other types of greenery have accumulated 1.19 million tonnes of CO₂, and retain a further 290,000 tonnes of CO₂ per year (Chen 2015). The subtropical climate of the city is dominated by evergreen species, mainly classified as *Ficus*. They are characterized by the highest capacity to absorb CO₂, which exceeds 10 t/ha/year (Chen 2015).

By 2030, Shenzhen will have become part of the megacity surrounding the edges of the Pearl River Delta. The 11 cities constituting the conurbation (including Macau and Hong Kong) will be inhabited by a total of 80 million people. It is planned that each section of this organism will be available during an hour's travel using fast urban rail. The merging of 9 mainland cities and 2 subordinate territories (Macau and Hong Kong) will become reality thanks to large infrastructure projects, which include transport, electricity and water supply, and telecommunications. However, they do not include environmental issues (Cooper 2014).



Photo 5. Shenzhen. OCT Park. Man-made greenery over an artificial canal. Photo taken by the author, August 2014.



Photo 6. Shenzhen. OCT Park. City section, view from the Meridian View Centre. Compact construction reduces space for green areas. Photo taken by the author, August 2014.

With the development of the spatial structure of the city, also the character and distribution of green areas were subject to changes. Initially, the area around the new city was agricultural. With the development of buildings and the disappearance of the traditional way of life, part of the arable land was abandoned, consequently becoming a wooded, to later give way to construction and man-made greenery. A steady decline of the size of green areas is observed; however, in relation to the total area of the city, they covered more than 61% (2005). Changes in the spatial proportion of different types of greenery throughout the development of the city are shown in Table 2. The centre the city is dominated by man-made vegetation: arranged squares and parks, also street-adjacent greenery, all characterized by a low rate of naturalness and biodiversity. Natural greenery is almost non-existent, which is confirmed by studies of Quing et al. (2013). The research team equates *Green Infrastructure* with different types of green areas: natural, semi-natural (in this case, crop areas are considered to be semi-natural green areas), and artificial. In addition to the qualitative change observed since the mid-1980s, Shenzhen green areas are also subject to quantitative transformations, by process of disappearance, filling, segmentation, fragmentation and perforation (Quing et al. 2013). The uncontrolled growth of the city has led to the destruction of many natural resources, including limiting natural biodiversity to a few isolated enclaves.

Year	Total area [km ²]	Natural greenery [km ²]	Semi-natural greenery [km ²]	Man-made greenery [km ²]
1985	1,858.08	872.47	982.24	3.37
1990	1,796.05	1,026.99	752.47	16.60
1995	1,464.39	1,044.41	354.07	65.91
2000	1,412.45	985.04	432.29	95.13
2005	1,190.26	600.96	487.20	102.10

Table 2 The changing proportions of different types of green areas in Shenzhen in 1985–2005 (as cited in Quing et al. 2013; author's compilation).

As Shi and Yu's research shows (2014), the areas of the highest natural value, which can act as nodes in the system of Shenzhen's *Green Infrastructure*, cover an area of 974.5 km². They can be connected with more than 615 km of channels that can become the basis for the creation of 10 main ecological corridors.

It should be especially noted that the opportunity was missed to create a balanced city from scratch, in which natural processes and the development of urban structure would be given equal weight. As indicated by author's own observations and research (Quing et al. 2013; Shi, Yu 2014), green areas are treated primarily as a decorative element for the newly implemented investments, not considering their importance for improving the quality of life of residents and the environment, nor its ecosystem benefits. Due to the deteriorating condition of the environment and decreased comfort of living, city authorities are currently working on the implementation of the *GI* concept. A system solution, which aims to strengthen ecosystem benefits while balancing social, economic and ecological aspects, has been welcomed by local authorities and a decision was made to apply it (Shi, Yu 2014).

CONCLUSION

Presented Chinese cities are characterized by dynamics of population growth and expansion of built-up areas that are unparalleled in Europe. However, certain generalizations can be drawn, and they can be used to support the sustainable development of European cities based on the concept of *Green Infrastructure*. Having analyzed the literature, it can be seen that the issue of maintaining and developing the *GI* system in the analyzed cities of mainland China has been neglected. Only after 2010 did this issue gain wider interest. However, what is lacking is a review of the system that would focus on individual cities, instead of giving a general view. Among analyzed agglomerations, only Shenzhen had a developed concept of the *Green Infrastructure* system, which includes its multi-layered structure and a wider range of functions. In Shanghai a wider systemic action can be observed in one district – Pudong – in which a large part of the green tier of the city is located. In Beijing, despite the availability of basic research results regarding the potential development of the *GI* system, no targeted actions are carried out by the authorities.

There has been a qualitative change in the proportions of green areas within the cities analyzed. Natural and semi-natural areas are disappearing, giving way to artificial, man-made systems. Also noticeable is the tendency to reduce the total area of green spaces, as well as their progressive fragmentation and isolation. The development of these cities since the late 1970s is in fact a negation of subsequent urban theories associated with the formation of sustainable centres of residence. This has led to a state of a significant ecological and urban imbalance, which is manifested, among other things, by the susceptibility of the cities analyzed to the influence of environmental factors, and the deterioration of living standards. Measures aimed at limiting the impact of climate change and improving the standard of living through the implementation and development of *Green Infrastructure* are taken too late, which limits their effectiveness and is associated with incurring substantial financial costs.

Conducted field observations have shown a lack of consistency in the development of *Green Infrastructure* elements. While green areas accompanying historical gardens and urban layouts are preserved in good condition, the newly formed parks, gardens and spatial systems are often treated as temporary greenery, which gives way to the emerging construction – contrary to the principle of sustainability, one of the fundamental determinants shaping the *GI* system.

The study indicates that the implementation of the *Green Infrastructure* concept in accordance with its basic assumptions, above all, strategic planning, can bring significant social, environmental and economic benefits. Neglecting only one of the principles of the *GI* philosophy leads to the deterioration of human-nature relations. Repairing the damage is expensive and often impossible.

REFERENCES

1. *Asian Green City Index. Assessing the environmental performance of Asia's major cities. A research project conducted by the Economist Intelligence Unit, sponsored by Siemens*, Siemens AG Corporate Communications and Government Affairs, München 2011, pp. 123.
2. Benedict, M.A., McMahon, E.T., *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*, IslandPress, Washington, Covelo, London 2006, pp. 300.
3. Byrne, J.A., Lo, A.Y., Jianjun, Y., *Residents' understanding of the role of green infrastructure for climate change adaptation in Hangzhou, China* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 138(2015), Elsevier, 132-143.
4. Chang, S-D., *Beijing: perspectives on preservation, environment, and development* [in:] *Cities* 15(1)1998, Elsevier Science Ltd., 13-25.
5. Chen, H., Jia, B., Lau, SSY., *Sustainable urban form for Chinese compact cities: Challenges of a rapid urbanized economy* [in:] *Habitat International*, 32(2008), Elsevier, 28-40.
6. Chen, M., Liu, W., Tao, X., *Evolution and assessment on China's urbanization 1960-2010: Under-urbanization or over-urbanization?* [in:] *Habitat International*. 38(2013), Elsevier, 25-33.
7. Chen, W.Y., *The role of urban green infrastructure in offsetting carbon emissions in 35 major Chinese cities: A nationwide estimate* [in:] *Cities*, 44(2015), Elsevier, 112-120.
8. Cooper M., *China's Pearl River Delta: Tying 11 Cities into a Megaregion* [in:] *UrbanLand The Magazine of The Urban Land Institute*, September 22, 2014; source: <http://urbanland.uli.org/infrastructure-transit/chinas-pearl-river-delta/>; access: 23-05-2015, 19:05.
9. Czechowski, D., Hauck, T., Hausladen, G. (Eds.) *Revising Green Infrastructure: Concepts between Nature and Design*, Taylor & Francis Group, Boca Raton 2015, pp. 464.
10. Emmanuel, R., Loconsole, A., *Green infrastructure as an adaptation approach to tackling urban overheating in the Glasgow Clyde Valley Region, UK* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 138(2015), Elsevier, 71-86.
11. Estreguil, Ch., Caudullo, G., Miguel, JS., *Connectivity of Natura 2000 Forest Sites. Executive Report*, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Luxembourg, 2013, pp. 20.

12. Gao, W., Wang, X., Haifeng, L., Zhaod, P., Rene, J., Toshio, O., *Living environment and energy consumption in cities of Yangtze Delta Area* [in:] *Energy and Buildings*, 36(2004), Elsevier, 1241-1246.
13. Guo, Z., Huang, N., Dong, Z., van Pelt, RS., Zobeck TM., *Wind Erosion Induced Soil Degradation in Northern China: Status, Measures and Perspective* [in:] *Sustainability*, 6(2014), MDPI AG, Basel, 8951-8966.
14. Hongxiong X., Bo D., *The Impact of Typhoon Danas (2013) on the Torrential Rainfall Associated with Typhoon Fitow (2013) in East China* [in:] *Advances in Meteorology*, vol. 2015, Hindawi Publishing Corporation, 2015, Article ID 383712, 1-11.
15. Huang, Q., He, C., Gao, B., Yang, Y., Liu, Z., Zhao, Y., Dou, Y., *Detecting the 20 year city-size dynamics in China with a rank clock approach and DMSP/OLS nighttime data* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 137(2015), Elsevier, 138-148.
16. *Impact Forecasting. Annual Global Climate and Catastrophe Report 2013*, AON Benfield, Chicago 2014, PDF.
17. *Impact Forecasting. September 2013 Global Catastrophe Recap*, AON Benfield, Chicago 2013, PDF.
18. Jie Z., *Urbanisation in China in the Age of Reform* [in:] *Architectural Design*, vol. 78, No. 5, John Wiley & Sons, London 2008, 32-35.
19. Jinshuang M., Quanru L., *Flora of Beijing: An Overview and Suggestions for Future Research* [in:] *Urban Habitats*, vol. 1, No. 1, The Center for Urban Restoration Ecology, a collaboration between Rutgers University and Brooklyn Botanic Garden, New York 2003, 30-44.
20. Kowalski P., *Festiwale ogrodowe Gartenschau jako impuls dla aktywizacji małych miast niemieckich / Garden Festivals Gartenschau as an impulse for activation of small german cities* [in:] *Miasta małej i średniej wielkości*, Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej Wydziału Architektury Politechniki Śląskiej ULAR7, Gliwice 2013, 225-234.
21. Kowalski P., *Green infrastructure as a multifunctional tool for shaping cities of the future / Zielona Infrastruktura jako wielofunkcyjne narzędzie kształtowania miast przyszłości* [in:] Gyurkovich J. et. al. (ed.) *Future of the cities – Cities of the future / Przyszłość miast – miasta przyszłości*, Monografia 458, seria Architektura, Politechnika Krakowska, Kraków 2014, 98-113.
22. Kowalski, P., *Kształtowanie systemów zieleni na obszarach miejskich. Zielona Infrastruktura w VIII dzielnicy Krakowa* [in:] *Przestrzeń i Forma 15_2011*, Szczecińska Fundacja Edukacji i Rozwoju Addytywnego „Sfera”, Szczecin 2011, 353-366.
23. Liauw L., *Leaping forward, getting rich gloriously and letting a hundred cities bloom* [in:] *Architectural Design*, vol. 78, No. 5, John Wiley & Sons, London 2008, 6-15.
24. Liu, G., Zhou, G., Wennersten, R., Frostell, B., *Analysis of sustainable urban development approaches in China* [in:] *Habitat International*, 41(2014), Elsevier, 24-32.
25. Liu, W., Holst, J., Yu, Z., *Thresholds of landscape change: a new tool to manage green infrastructure and social-economic development* [in:] *Landscape Ecology*, (2014)29, Springer, 729-743.
26. Ma, J., Liu, Q., *Flora of Beijing: An Overview and Suggestions for Future Research* [in:] *Urban Habitats*, 1(1)2003, The Center for Urban Restoration Ecology, a collaboration between Rutgers University and Brooklyn Botanic Garden, 30-44.

27. Norton, B., Coutts, A., Livesley, S., Harris, R., Hunter, A., Williams, N., *Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 134(2015), Elsevier, 127-138.
28. Pellegrino, P., Ahern, J., Becker, N., *Green Infrastructure: Performance, Appearance, Economy and Working Method* [in:] Czechowski, D., Hauck, T., Hausladen, G. (Eds.) *Revising Green Infrastructure: Concepts between Nature and Design*, Taylor & Francis Group, Boca Raton 2015, 385-403.
29. Qing, C., Shuangcheng, L., Yanglin, W., Jiansheng, W., Miaomiao, X., *Spatial process of green infrastructure changes associated with rapid urbanization in Shenzhen, China.* [in:] *Chinese Geographical Science*, 23(1)2013, Springer, 113–128.
30. Shi, P., Yu, D., *Assessing urban environmental resources and services of Shenzhen, China: A landscape-based approach for urban planning and sustainability* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 125(2014), Elsevier, 290-297.
31. Shiwen S., *The Institutional and Political Background to Chinese Urbanisation* [in:] *Architectural Design*, vol. 78, No. 5, John Wiley & Sons, London 2008, 22-25.
32. Streets D.G. et al., *Air quality during the 2008 Beijing Olympic Games* [in:] *Atmospheric Environment*, vol. 41(2007), Elsevier, 2007, 480-492.
33. Szulczewska, B., Giedych, R., Borowski, J., Kuchcik, M., Sikorski, P., Mazurkiewicz, A., Stańczyk, T., *How much green is needed for a vital neighbourhood? In search for empirical evidence* [in:] *Land Use Policy*, 38(2014), Elsevier, 330-345.
34. *Towards a Green Infrastructure for Europe. Developing new concepts for integration of Natura 2000 network into a broader countryside*; EC study ENV.B.2/SER/2007/076; wyd. European Commission, 2010.
35. Vogel, R.K., Savitch, H.V., Xu, J., Yeh, A.G.O., Wu, W., Sancton, A., Kantor, P., Newman, P., Tsukamoto, T., Cheung, P.T.Y., Shen, J., Wu, F., Zhang, F., *Governing global city regions in China and the West*, *Progress in Planning* 73(2010), Elsevier, pp. 75.
36. Walcott, S.M, Pannell, C.W., *Metropolitan spatial dynamics: Shanghai*, [in:] *Habitat International*, 30(2006), Elsevier, 199-211.
37. Wang, H.-B., Li, H., Ming, H.-B., Hu, J.-H., Chen, J-K., Zhao, B., *Past land use decisions and socioeconomic factors influence urban greenbelt development: a case study of Shanghai, China* [in:] *Landscape Ecology*, 2014(29), Springer, 1759-1770.
38. Wei, Y.D., Yu, D., *State policy and the globalization of Beijing: emerging themes* [in:] *Habitat International*, 30(2006), Elsevier, 377-395.
39. Weiwen H., *Urbanisation in Contemporary China Observed* [in:] *Architectural Design*, vol. 78, No. 5, John Wiley & Sons, London 2008, 26-31.
40. Yang J., McBride J., Jinxing Z., Zhenyuan S., *The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction* [in:] *Urban Forestry & Urban Greening* 3(2005), Elsevier, 65-78.
41. Yin, J., Yu, D., Yin, Z., Wang, J., Xu, S., *Modelling the anthropogenic impacts on fluvial flood risks in a coastal mega-city: A scenario-based case study in Shanghai, China* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 136(2015), Elsevier, 144-155.
42. Yuan, Z., Zheng, X., Lv, L., Xue, C., *From design to digital model: A quantitative analysis approach to Garden Cities theory* [in:] *Ecological Modelling*, 289(2014), Elsevier, 26-35.

43. Zachariasz A., *Zieleń jako współczesny czynnik miastotwórczy ze szczególnym uwzględnieniem roli parków publicznych*, monografia 336, seria architektura, Politechnika Krakowska, Kraków, 2006.
44. Zhang, L., Wu, J., Zhen, Y., Zhu, J., *A GIS-based gradient analysis of urban landscape pattern of Shanghai metropolitan area, China* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 69(2004), Elsevier, 1-16.
45. Zhang, B., Xie, G., Li, N., Wang, S., *Effect of urban green space changes on the role of rainwater runoff reduction in Beijing, China* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 140(2015), Elsevier, 8-16.
46. Zhao, J., Chen, S., Jiang, B., Ren, Y., Wang, H., Vause, J., Yu, H., *Temporal trend of green space coverage in China and its relationship with urbanization over the last two decades* [in:] *Science of the Total Environment*, 442(2013), Elsevier, 455-465.
47. Zhao, J., Lin, L., Yang, K., Liuc, Q., Qian, G., *Influences of land use on water quality in a reticular river network area: A case study in Shanghai, China* [in:] *Landscape and Urban Planning*, 137(2015), Elsevier, 20-29.

Internet sites:

1. <http://www.turenscape.com/english/projects/project.php?id=443>, accessed on 5th September 2015
2. <http://urbanland.uli.org/infrastructure-transit/chinas-pearl-river-delta/>, accessed on 23rd May 2015
3. <http://www.worldometers.info/world-population/china-population/>, accessed on 30th September 2015