

*Zieleń w krajobrazie terenów
inwestycyjnych*

Tomasz Malczyk

***Zieleń w krajobrazie terenów
inwestycyjnych***

Oficyna Wydawnicza PWSZ w Nysie
Nysa 2012

RECENZENT
prof. dr hab. inż. arch. Zuzanna Borcz

OPRACOWANIE GRAFICZNE,
SKŁAD ORAZ KOREKTA
Ewa Bernat

PROJEKT OKŁADKI
Ryszard Szymończyk

FOTOGRAFIE NA OKŁADCE
Tomasz Malczyk, Ryszard Szymończyk

SEKRETARZ OFICYNY
Tomasz Drewniak

Uaktualnione i rozszerzone wydanie publikacji
pt. *Wytyczne do projektowania zieleni na terenach zabudowanych*

© Copyright
by Oficyna Wydawnicza PWSZ w Nysie
Nysa 2012

ISBN 978-83-60081-66-2

OFICYNA WYDAWNICZA PWSZ W NYSIE
48-300 Nysa, ul. Armii Krajowej 7
tel.: 77 4090567
e-mail: oficyna@pwsz.nysa.pl
www.pwsz.nysa.pl/oficyna
Wydanie I

Druk i oprawa:
Sowa – druk na życzenie®
www.sowadruk.pl
+48 22 431 81 40

Spis treści

Wstęp	7
1. Wprowadzenie	9
1.1. Znaczenie zieleni	10
1.2. Typy terenów zieleni	12
2. Ochronne właściwości zieleni	20
2.1. Klimat	20
2.1.1. Ogólna charakterystyka klimatu Polski	20
2.1.2. Lokalizacja zabudowy	21
2.2. Funkcje terenów zieleni	22
2.2.1. Funkcje biologiczne	22
2.2.1.1. Inwersje, wiatry i temperatura	22
2.2.1.2. Wilgotność	34
2.2.1.3. Zanieczyszczenie powietrza	35
2.2.2. Jonizacja powietrza	39
2.2.3. Substancje bakteriobójcze	39
2.2.4. Produkcja tlenu i zanieczyszczenia	40
2.2.5. Hałas	41
2.2.6. Alergeny roślinne	47
2.2.7. Osłona przeciwśnieżna	48
2.2.8. Osłona przeciw olśnieniom	49
2.2.9. Funkcje społeczne	49
2.2.10. Funkcje estetyczne	50
2.3. Zagrożenia zieleni	51
3. Projektowanie zieleni na działce	53
3.1. Lokalizacja budynków mieszkalnych	53
3.2. Lokalizacja budynków inwentarskich	62
3.3. Studium projektowe	65
4. Projektowanie zieleni przydrożnej	70
4.1. Kształtowanie zieleni ciągu komunikacyjnego	70
4.1.1. Lokalizacja	70
4.1.2. Akustyczne działanie zieleni	71

4.1.3. Pasma ruchu w ciągu komunikacyjnym	71
4.1.4. Widoczność na skrzyżowaniach i wjazdach na działki	76
4.1.5. Infrastruktura techniczna w obrębie ulicy	77
4.1.6. Skrajnia	80
4.2. Studium projektowe	81
5. Ogród dla niepełnosprawnych	88
6. Zieleń wskaźnikowa	91
7. Wskaźniki przydatności drzew i krzewów	96
8. Normy dotyczące oznaczeń zieleni	112
9. Wykonawstwo budowlane a ochrona zieleni istniejącej	115
10. Osłony akustyczne w krajobrazie środowiskowym	120
11. Projektowanie zieleni w pobliżu cieków wodnych na terenach górzystych	128
12. Modernizacja krajobrazu i środowiska – studium projektowe	135
12.1. Przedmiot opracowania	136
12.2. Podstawowe założenia projektowe	137
12.3. Podstawowe warunki środowiskowe	137
12.3.1. System korzeniowy roślin	137
12.3.2. Bilans wodno-powietrzny w glebie	138
12.4. Nawierzchnie ciągów pieszych	139
12.4.1. Nawierzchnie niestabilizowane i stabilizowane	139
12.4.2. Nawierzchnie z kostki brukowej	141
12.4.3. Krawężniki	142
12.5. Podsumowanie i wnioski	144
Zakończenie	146
Literatura	147
Źródła rysunków i tabel	151

Wstęp

Krajobraz i środowisko to synonim szczególnej symbiozy natury i piękna, połączenia potrzeb ochrony i kształtowania środowiska z architekturą krajobrazu. Wskazane podmioty osadzone są we wspólnej ramie, a także tworzą jeden obraz, który egzemplifikuje spójne dążenia do odtworzenia, zachowania i twórczego kreowania dobra, jakim jest środowisko naturalne oraz otoczenie człowieka. Szeroko rozumiana ochrona i kształtowanie środowiska jest wynikiem interdyscyplinarnych działań wielu nauk. W podstawowym nurcie stanowi wypadkową prac inżynierskich, biologicznych, rolniczych, humanistycznych, społecznych i artystycznych, a obecnie także ekoenergetycznych. Ma to fundamentalne przesłanie w procesach inwestycyjnych, których szerokie oddziaływanie emanuje na jakość środowiska i wartość krajobrazu. Dotyczy to poszczególnych etapów realizacji inwestycji i obejmuje m.in. część wykonawczą, użytkową, modernizacyjną itd. Znaczenie ochrony, kształtowania i roli terenów zieleni w krajobrazie inwestycyjnym jest punktem odniesienia do utrzymania i rozwoju walorów środowiskowych, a tym samym krajobrazu.

Tak rozumiany krajobraz i środowisko definiuje konieczność konwergencji celów badań prowadzonych przez poszczególne nauki na polu środowiska naturalnego i kształtowania przestrzeni. Wskazuje na dojrzałość w myśleniu o konsekwencjach wprowadzania zmian w środowisku, które skutkują w percepcji krajobrazu oraz modernizacji parametrów przestrzennych. Małe kroki stawiane poważnie we wspólnym dla przedmiotu sprawie obszarze, kreują nową rzeczywistość skutkującą na bliższą i dalszą przyszłość. Przykładem takich działań jest projektowanie terenów zieleni na terenach inwestycyjnych, które są szczególnymi elementami zagospodarowania przestrzennego, skutkującymi jednocześnie w kształtowaniu środowiska. W niezakłóconym siedlisku zieleni rozwija się w sposób naturalny jednak przy braku równowagi środowiskowej szybko obumiera. Zieleni jest materiałem żywym i umożliwiającym życie, dlatego jej rola w otoczeniu człowieka ma fundamentalne znaczenie.

Niestety na skutek zanieczyszczenia środowiska, rozwoju terenów inwestycyjnych, w tym inwestycji ekoenergetycznych, intensywnej działalności rolniczej, różnych ograniczeń przestrzennych, rozbudowy i przebudowy definicji obszarów wiejskich, tereny zieleni zmniejszają się, a w ślad za tym zmniejsza się jej wpływ na kształtowanie warunków środowiskowych.

W opracowaniu przedstawiono w ujęciu problemowym zagadnienia związane z funkcjami terenów zieleni w mieście, osiedlach podmiejskich i wiejskich. Omówiono kryteria doboru zieleni i podstawowe zasady jej projektowania ze szczególnym uwzględnieniem warunków środowiskowych, parametrów i miejsca jej lokalizacji, istniejącej infrastruktury technicznej, cech materiału roślinnego oraz budownictwa ekologicznego. Przedstawiono rolę i znaczenie zieleni, oraz jej podmiotowość w prowadzeniu prac na polu środowiskowym i krajobrazowym.

Książka może służyć studentom kierunku *architektura i urbanistyka*, a także *architektura krajobrazu*, jako pomoc m.in. do przedmiotu *budownictwo ogólne* w zakresie lokalizacji obiektu na planie zagospodarowania działki i przy tworzeniu rozwiązań przestrzennych urbanistycznych i ruralistycznych, a także do przedmiotu *instalacje budowlane* przy projektowaniu przyłączy, instalacji nawadniających, odgromowych, a także elementów budownictwa ekologicznego w zakresie wykorzystania alternatywnych źródeł energii, szczególnie energii solarnej. Materiał zebrany w opracowaniu posłuży także do zrozumienia zagadnień dotyczących kształtowania parametrów klimatu, w ramach przedmiotu *fizyka budowli*. Książka może być również przydatna zarówno jako pomoc studentom w czasie studiów, jak i w późniejszej praktyce zawodowej, a także może służyć innym osobom zainteresowanym tą tematyką.

W książce dokonano wyboru zagadnień, w oparciu o literaturę przedmiotową, ułatwiających zdefiniowanie funkcji terenów zieleni oraz oceny warunków środowiskowych pod kątem projektowania i sadzenia zieleni, a tym samym formowaniu krajobrazu i środowiska jako wypadkowej spójnego myślenia o krajobrazie i kształtowaniu środowiska.

Tomasz Malczyk

1. Wprowadzenie

Zieleń towarzyszy człowiekowi od niepamiętnych czasów, dawała mu schronienie i wyżywienie. Ogromne połacie ziemi zajmowane przez lasy wydawały się nieskończone i niewyczerpane. Nawet niegospodarność ówczesnych nie była w stanie zachwiać panującej w przyrodzie równowagi.

Wraz z upływającymi wiekami powiększająca się populacja ludzka coraz bardziej wykorzystywała zasoby przyrody. Powoli, lecz systematycznie krajobraz pierwotny przeobrażał się w naturalny. Wzrastające potrzeby coraz większej liczby mieszkańców Ziemi oraz ogromny postęp techniczny sprawiły, że naturalne zasoby środowiska ulegały szybkiemu wyniszczeniu. Powstał krajobraz kulturowy, który w wielu rejonach przeistaczał się w krajobraz zdegradowany. Jego cechą jest brak równowagi w przyrodzie i mocne wyeksploatowanie środowiska [34].

Miejscem, w którym problemy te odczuwano najmocniej były i są miasta. Zakłady przemysłowe i rozwinięta motoryzacja systematycznie niszczą środowisko. Coraz mocniej ludzie odczuwają potrzebę wyjazdu z miasta i kontaktu z przyrodą. Najlepszym i najbliższym miejscem była i jest wieś. Już starożytni Rzymianie wyjeżdżali z głośnych i zatłoczonych miast na wieś w poszukiwaniu spokoju, czystej wody i świeżego powietrza [14].

Obecnie wieś nadal kojarzy się z nienaruszoną przyrodą, spokojem, a przede wszystkim zdrowiem. Niestety wiele wsi przeobraziło się tak dalece, że z trudem mogą sprostać pokładanym w nich nadziejom, co do zdrowego i w miarę nienaruszonego środowiska. Dotyczy to szczególnie wsi znajdujących się w okolicy dużych aglomeracji miejskich. Podobnie jest także z wsiami, przez które przebiegają obciążone dużym ruchem trasy komunikacyjne [32].

W miastach, na terenach podmiejskich i na terenach wiejskich zachodzi konieczność tworzenia stref zazielenionych, które powiążą ze sobą funkcje krajobrazowe z ochronnymi. Niestety podział terenów pod zabudowę na małe kilkunastokrotne działki oraz brak miejsca na zieleń wypoczynkową i integracyjną o charakterze ogólnodostępnym sprawia, że wiele nowych osiedli pozbawionych jest zieleni mogącej pełnić inne funkcje niż tylko ozdobne o znaczeniu miejscowym. Brak zazielenienia ogólnodostępnego na terenach nowych osiedli utrudnia integrację mieszkańców, zamyka możliwość wypoczynku dla dzieci i osób starszych.

Zieleń przestaje być elementem dominującym, a tym samym w małym zakresie wpływa na krajobraz, nie tworzy mezo- czy mikroklimatu, nie stanowi znaczącej bariery ochronnej w postaci ekranu biologicznego, zasłaniając miejsca szczególnie uciążliwe jak np. trasy komunikacyjne.

Działki o małej powierzchni uniemożliwiają także rozwój budownictwa ekologicznego, poprzez brak możliwości połączenia nowoczesnego budownictwa z właściwym kształtowaniem otoczenia, ułatwiającym i wspomagającym korzystanie ze źródeł energii odnawialnej. Dotyczy to lokalizacji obiektu na działce i towarzyszącego mu odpowiedniego zazielenienia [35].

Przeszkodą w zazielenianiu działek mieszkalnych i dróg jest infrastruktura techniczna w postaci sieci wodociągowej, kanalizacyjnej, elektrycznej, energetycznej i telekomunikacyjnej [12]. Gęsta i rozproszona infrastruktura uniemożliwia swobodne projektowanie zazielenienia, tym bardziej, że zieleń rośnie, więc należy przewidzieć, jak będzie duża po wielu latach. Należy uwzględnić największy wzrost roślin, zgodny z ich uwarunkowaniami gatunkowymi [3]. Jednak roczny czy całkowity wzrost roślin zależy od wielu czynników, np. warunków siedliskowych, anomalii klimatycznych – szczególnie długotrwałych, całkowicie lub częściowo zmienionych warunków siedliskowych, w tym osuszanie terenu (budowa chodników, dróg, budynków podpiwniczonych), zanieczyszczenia gleby, wód gruntowych i powierzchniowych oraz powietrza, a także urazy mechaniczne dokonane podczas budowy obiektu lub jego późniejszej eksploatacji [49].

W procesie projektowania zazielenienia należy zatem kierować się wieloma przesłankami. Najważniejszym elementem jest tutaj właściwe powiązanie architektury krajobrazu i planowania przestrzennego z istniejącymi warunkami siedliskowymi, zmiennością gatunkową materiału biologicznego, istniejącą oraz planowaną infrastrukturą techniczną oraz stworzeniem odpowiednich warunków mikro- i makroklimatycznych, a także warunków do efektywnego korzystania ze źródeł energii odnawialnej [21].

1.1. Znaczenie zieleni

Podstawowym czynnikiem wpływającym na zachowanie równowagi ekologicznej w środowisku człowieka są rośliny. W największym stopniu funkcje te spełniają drzewa i krzewy, mniej zieleń niska jak trawa czy rabaty kwiatowe. Zieleń wpływa na poprawę klimatu, ponieważ:

- 1) zatrzymuje pyły – pył przylega do liści, a podczas deszczu zostaje z nich spłukany, np. lipa,
- 2) pochłania szkodliwe gazy – pochłania z powietrza gazy, które gromadzą się w tkankach roślin (biofiltr zanieczyszczeń), jedno dorosłe drzewo liściaste wchłania w ciągu 1 okresu wegetacyjnego składniki toksyczne ze spalania ok. 130 kg paliwa,
- 3) wzbogaca powietrze w tlen i parę wodną – produkcja tlenu i przyswajanie dwutlenku węgla, to najważniejsza funkcja zieleni. W ciągu 10 lat duże drzewo liściaste produkuje tyle tlenu ile zużywa człowiek w ciągu 20 lat,

- 4) wydziela substancje antybiotyczne (tzw. fitonocydy) – są to lotne substancje, zabójcze dla bakterii, grzybów i owadów (np.: zieleń iglasta w tym: sosna, jodła, świerk, cis, jałowiec, oraz zieleń liściasta w tym: czeremcha, robinia, głóg, berberys, jesion, brzoza), a niektóre wykazują działanie uspokajające i relaksujące,
- 5) emituje w obrębie tzw. pola biologicznego (otoczenie rośliny) korzystnie działające ładunki elektryczne (wzbogaca powietrze w jony ujemne np. sosna, brzoza, lipa); jednak niektóre gatunki zieleni działają niekorzystnie wytwarzając jonizację dodatnią, np. topola,
- 6) umożliwia kształtowanie naturalnych osłon – poprzez właściwy dobór gatunkowy, co związane jest z ich wysokością, gęstością ulistnienia, możliwością kształtowania (przycinanie i formowanie),
- 7) sprzyja korzystnej wymianie mas powietrza – wyhamowuje prędkość wiatru, co wpływa m.in. na zmniejszone odparowywanie wody gruntu i utrudnione rozchodzenie się zanieczyszczeń,
- 8) zmniejsza amplitudę temperatur w swym najbliższym sąsiedztwie – obniża temperaturę w czasie upałów, co jest związane z szybkim nagrzewaniem się i oddawaniem ciepła,
- 9) chroni przed hałasem – dzięki gęstemu ulistnieniu,
- 10) ogranicza wibracje – zieleń posiadająca gęsty system korzeniowy w naturalny sposób rozluźnia glebę, dzięki czemu jest ona napowietrzona, co ogranicza przenoszenie drgań,
- 11) zatrzymuje wody opadowe – zieleń spełnia rolę tzw. okien hydrologicznych, co umożliwia infiltrację wód opadowych i ogranicza spływ powierzchniowy,
- 12) przeciwdziała erozji gleb – poprzez bogaty zwarty system korzeniowy wpływa stabilizująco na skarpy, brzegi rzek itd.,
- 13) wpływa na wilgotność względną powietrza – magazynuje i odparowuje wodę.

Pod względem roli, jaką spełnia zieleń wymienia się jej znaczenie:

- 1) gospodarcze (użytkowe) – zieleń uprawiana na potrzeby własne (sady) oraz ekonomiczne (sady wysoko produkcyjne oraz szkółki roślin ozdobnych),
- 2) zdrowotne – asymilacja dwutlenku węgla, ograniczenie hałasu, zapylenia, jonizacja powietrza i produkcja fitonocydów,
- 3) wypoczynkowe – zazielenienie przyszkolne, przyszpitalne, a także parki, boiska sportowe,

- 4) ochronne – zabezpieczenie przed erozją, wiatrem, słońcem, zapyleniem, rozprzestrzenianiem ognia, schronienie dla zwierząt (zieleń śródpolna), jako osłony ostrzegawcze na trasach komunikacyjnych (np. skupiska zieleni przy zakrętach), zabezpieczenie w postaci ekranu biologicznego przy szlakach komunikacyjnych,
- 5) krajobrazowe – kształtowanie architektury krajobrazu, utrzymanie i odtworzenie historycznych układów zazielenienia, podkreślenie lub zasłonięcie obiektów [42].

1.2. Typy terenów zieleni

Wyróżnia się następujące typy zieleni:

1. Parki

to podstawowe typy zieleni w mieście. Parki przeznaczone są do wypoczynku czynnego i biernego. Powierzchnia parku nie powinna być mniejsza niż 5 ha. Obszar parku przecinają ciągi spacerowe, których powierzchnia w małych parkach nie powinna przekraczać 15-20%, a w większych 8-15%. Podział struktury zieleni uzależniony jest od koncepcji projektowej, niemniej jednak prawidłowa struktura powinna wyglądać następująco [36]:

- | | |
|-----------------------------|----------|
| a) powierzchnia zadrzewiona | 20-30% |
| b) powierzchnia zakrzewiona | 10-15% |
| c) powierzchnia trawiasta | 69,5-54% |
| d) powierzchnia kwiatowa | 0,5-1% |

Odmianą parku są parki leśne, które powstały przez zaadoptowanie do celów użytkowych zieleni naturalnej. Parki tego typu mogą zajmować wiele hektarów powierzchni i często zlokalizowane są poza obrębem terenu osiedlowego [9].

2. Lasy komunalne

są to lasy, które na skutek rozwoju aglomeracji miejskiej znalazły się w granicach administracyjnych miast lub na jego obrzeżach. W związku z tym, zmieniła się ich funkcja z produkcyjnej na wypoczynkową. Urządzenia techniczne wprowadzane są w ograniczonym zakresie, w celu umożliwienia korzystania w podstawowym zakresie z danego założenia [9].

3. Zieleńce

to zwarty teren zieleni, zlokalizowany w centrum zabudowy miejskiej lub osiedlowej, ukształtowany w rozmaite kompozycje i składający się z powierzchni trawiastych z pojedynczymi drzewami lub krzewami [36]. Zieleńce mogą funkcjonować samodzielnie lub stanowić powiązanie z obiektami użyteczności publicznej. Minimalna powierzchnia zieleńca na terenach intensywnie zabudowanych wynosi 0,1 ha [38].

4. Ogrody

obejmują tereny zieleni o zróżnicowanych funkcjach: użytkowej, dydaktycznej i zabawowej. Zaliczyć tu można ogrody działkowe, jordanowskie (przeznaczone do zabaw dla dzieci) i dydaktyczne (botaniczne, alpinaria, zoologiczne, arboreta, czyli ogrody-parki) [9].

5. Zieleń wewnątrz międzyblokowych

są to powierzchnie ograniczone budynkami mieszkalnymi, obiektami użyteczności publicznej (sklepy, szkoły), drogami osiedlowymi, parkingami itd. We wnętrzach tych panują często bardzo niesprzyjające dla roślinności warunki, np. stałe zacienienie, słabe warunki glebowe, zanieczyszczenie powietrza i gleby, możliwość uszkodzeń mechanicznych. Jednak obecność zazielenienia wewnątrz międzyblokowych jest jak najbardziej pożądana, ponieważ stanowi ciekawy akcent krajobrazowy, łagodzi surowość obiektów, zasłania budynki, parkingi, boiska, stwarza miejsce do wypoczynku. W przypadku małych wnętrz wprowadza się zieleni niską i średnią z pojedynczymi akcentami zieleni wysokiej, najczęściej zimozielonej.

6. Zieleń przy przedszkolach i szkołach

pełni funkcje dydaktyczne, wypoczynkowe, izolacyjne i ozdobne. Układ zieleni powinien być dostosowany do programu dydaktycznego, który z kolei wiąże się z wiekiem dzieci. W przedszkolach zajęcia prowadzone są w grupach, stąd też potrzeba wydzielenia terenu dla poszczególnych grup za pomocą zieleni niskiej i średniej [5].

7. Zieleń przy obiektach sportowych

przy każdym obiekcie sportowym pożądana jest obecność zieleni, która pełni bardzo ważne funkcje w samej kompozycji założeń, a także w stosunku do użytkowników. Wpływ zieleni na kompozycję obiektów sportowych polega na łączeniu poszczególnych boisk, torów, pawilonów, budynków i komunikacji w jedną całość. Równocześnie, dzięki zieleni udaje się stworzyć odpowiednie ramy i zróżnicować tereny różnych sportów, np. przy kortach tenisowych wysoka zieleni stanowi dobre tło, przy sportach bardzo głośnych wycisza i izoluje. W odniesieniu do zawodników i widzów zieleni ma znaczenie wiatrochronne, poprawia mikroklimat poprzez regulację wilgotności i temperatury, oczyszcza powietrze z pyłu i chroni od hałasu [5].

8. Zieleń szlaków komunikacyjnych

odgrywa bardzo ważne znaczenie, ponieważ stanowi naturalny filtr biologiczny, który zatrzymuje pyły, redukuje hałas, ogranicza wibracje, zacienia, tworzy przegrody wizualne. Zieleń tego typu powinna być całoroczna, wielopoziomowa, gęsta i odporna na zanieczyszczenie środowiska.

9. Zieleń cmentarna

ten rodzaj zazielenienia towarzyszy cmentarzom, które początkowo lokalizowane były w bezpośrednim otoczeniu kościołów, a obecnie stanowią wydzieloną powierzchnię, często na obrzeżach miast. Zieleń, jaka tu występuje, to najczęściej zieleni wysoka z niewielką ilością powierzchni trawiastych. Często jest to zieleni przypadkowo zlokalizowana. Na terenach nowych cmentarzy zieleni wysoka zastępowana jest powierzchniami zakrzewionymi, tworząc określone układy, wyznacza komunikację, dzieli powierzchnię na sektory.

Drzewa i krzewy na cmentarzach powinny być specjalnie dobrane, a ich łączna powierzchnia wraz z drogami stanowić 30-60% powierzchni cmentarza. Każdy cmentarz powinien stanowić świadomą kompozycję, zarówno w odniesieniu do wewnętrznego rozplanowania, jak i do otaczającego krajobrazu [42].

10. Zieleń ochronna

ten rodzaj obejmuje tereny zieleni lokalizowane w otoczeniu zakładów produkcyjnych, uciążliwych dla środowiska i życia człowieka. Szerokość strefy ochronnej zależy od stopnia uciążliwości obiektu. Zieleń strefy ochronnej stanowi roślinność mocno zróżnicowana gatunkowo, urządzona planowo i z zasady pełniąc również funkcję filtra zanieczyszczeń emitowanych przez dany zakład produkcyjny [9].

11. Zieleń na dachach

jest to rodzaj zazielenienia stosowany na dachach stromych oraz na stropodachach o odwróconym układzie warstw. Zazielenienia tego typu wykonywano już 600 lat p.n.e. i były to „wiszące” ogrody Semiramidy w Babilonie. Po okresie stagnacji na przełomie XIX i XX w. ponownie wzrosło zainteresowanie dachami zielonymi. Zaletą dachu czy stropodachu pokrytego roślinnością jest m.in. to, że podnosi walory estetyczne i mikroklimatyczne, stanowi naturalny ekran dźwiękochłonny, wpływa korzystnie na jakość powietrza (szczególnie ważne w środowiskach miejskich), wyłapuje zanieczyszczenia (10-20% pyłów), zwiększa wilgotność, zatrzymuje ok. 2/3 wody opadowej, stopniowo oddając ją do atmosfery, chroni przed rozprzestrzenianiem się ognia, wreszcie umożliwia odzyskanie części terenu zielonego utraconego pod zabudowę.

W zależności od nośności konstrukcji można stosować następujące rodzaje roślinności przy podanych grubościach podłoża biologicznego:

- | | |
|------------------|---------------|
| 1. mchy | 6-15 cm |
| 2. rozchodniki | 8-25 cm |
| 3. byliny | 10-25 cm |
| 4. trawy | 15-pow. 25 cm |
| 5. krzewy | 20-pow. 30 cm |
| 6. niskie drzewa | pow. 35 cm |

12. Pnącza

to grupa roślin o pionowym wzroście na znacznej pionowej powierzchni, zajmująca niewielką powierzchnię u podstawy. Cechy te sprawiają, że pnącza chętnie stosuje się tam, gdzie z uwagi na niewielką ilość miejsca nie można wprowadzić zieleni wysokiej. Jedno pnącze winobluszczu zajmujące powierzchnię poniżej 1 m² w otworze chodnikowym, może pokryć ścianę o powierzchni nawet ok. 100 m². Roczne przyrosty pnączy wynoszą od jednego do kilku metrów, ułatwia to uzyskanie planowanych efektów w ciągu 2-3 lat [39]. Trwałość tych roślin, często kwitnących i pięknie pachnących, wielokrotnie przebarwiających się w ciągu roku, o dużej wytrzymałości na mróz, suszę i pyły jest duża i sięga nawet kilkudziesięciu lat. Wytwarzając znaczną biomasa liści i pędów, pnącza spełniają funkcje sanitarno-klimatyczne. Oddziałują też na częściowe wytłumienie hałasu [9]. Z uwagi na dużą masę własną, należy w odpowiedni i trwały sposób mocować pnącza do powierzchni, na której wzrastają. Sama powierzchnia powinna być dostatecznie porowata lub ażurowa (np. rusztowanie przytwierdzone do ściany).

Pnącza odgrywają rolę dodatkowej izolacji termicznej budynków oraz ochrony ścian przed deszczem. Ochrona przed niekorzystnym nagrzewaniem się ścian w okresie letnim polega na bezpośrednim ich zacienieniu oraz akumulowaniu i oddawaniu do powietrza znacznej ilości ciepła słonecznego. Ochrona cieplna w sezonie grzewczym wynika głównie z tego, że między przylegającymi do ścian gałązkami utrzymuje się warstwa prawie nieruchomego powietrza, będącego dodatkową izolacją zmniejszającą dopływ ciepła na drodze konwekcji [23]. Uważa się ponadto, że z uwagi na znaczną powierzchnię czynną wykształconych liści, pnącza wykazują silną transpirację. Powoduje to, że pobierając z podłoża, jak pompa ssąco-tłocząca, znaczne ilości wody, pnącza przyczyniają się do usuwania zawilgoceń w podłożu [9].

13. Uprawy polowe

to roślinność towarzysząca człowiekowi jest określana mianem roślinności synantropijnej i ona głównie zajmuje powierzchnię pól uprawnych. Pola uprawne powstają wyłącznie na terenach, na których zniszczono naturalną szatę roślinną, wykorzystując te miejsca pod uprawy wybranych gatunków roślin. Na polach mamy do czynienia w zasadzie z jednogatunkowymi skupieniami roślin uprawnych [9]. Uprawy charakteryzują się dużą intensywnością działań rolniczych prowadząc do maksymalnej wydajności z jednostki powierzchni. Z uwagi na zmiany strukturalne w rolnictwie, gospodarstwa rolnicze specjalizują się często w monokulturach nie wprowadzając naturalnego płodozmianu, co przy nieodpowiednim długofalowym postępowaniu może doprowadzić do zubożenia gleby.

14. Zieleń śródpolna

graniczy z uprawami polowymi, dzięki czemu w naturalny sposób dzieli grunty na parcele o znacznej nieraz powierzchni. Rola zieleni śródpolnej to wyhamo-

wywanie siły wiatru osuszającego i obniżającego temperaturę gleby i powietrza, utrzymanie wilgotności w glebie przez jej zacienianie, ograniczanie erozji gleby, regulacja zastoin zimnego powietrza tworzącego się przez inwersję, tworzenie remiz dla owadów i drobnej zwierzyny, a także kształtowanie architektury krajobrazu.

15. Łąki

są to tereny trwale zajęte przez florystycznie bogate, wielogatunkowe zbiorowiska roślin, głównie wieloletnich. Dominującą rolę odgrywają liczne gatunki traw, ziół i roślin motylkowych, tworzące ruń łąkową. Łąki występują głównie w dolinach rzek i obrzeżach dolin, w zagłębieniach terenu, a także zajmują obszary pobagienne [9].

16. Pastwiska

przeznaczone są do wypasu zwierząt, przez co należą do terenów rolniczych silnie eksploatowanych. Na pastwiskach występuje duża zmienność gatunkowa roślin trawiastych głównie niskich i luźno kępkowych oraz ziół i roślin motylkowych.

17. Sady

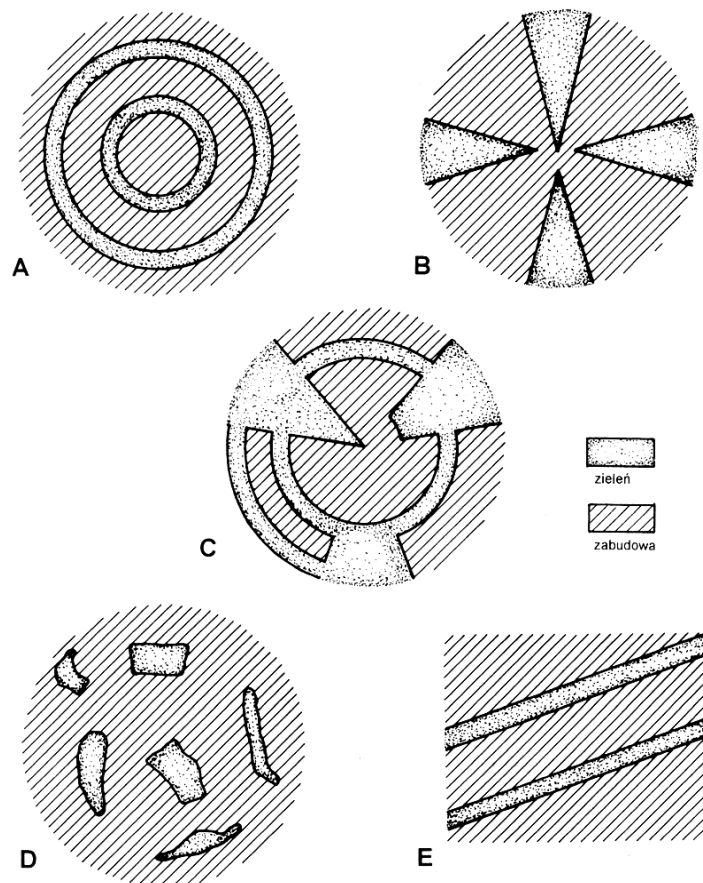
stanowią zbiór drzew owocowych przeznaczonych na potrzeby własne lub produkcyjne wysokowydajne. Sady na potrzeby własne są zmiennogatunkowe o dość swobodnym wroście drzew, często sadzone nieregularnie, natomiast sady produkcyjne charakteryzują się tym, że są monogatunkowe, niskopienne, regularnie nasadzone, co umożliwi wprowadzenie maszyn sadowniczych do utrzymania sadu i zbierania owoców.

18. Nieużytki

są to tereny często występujące w obrębie granic miasta, które z przyrodniczego punktu widzenia są cennym i biologicznie aktywnym uzupełnieniem ogólnego bilansu przyrodniczych zasobów miasta, zwłaszcza zieleni. Sprzyjają także zachowaniu bioróżnorodności przyrodniczej aglomeracji miejsko-przemysłowych [9].

Zieleń w mieście tworzy jeden system terenów zielonych. W większości miast systemy zieleni mają charakter pierścieniowy, promienisty oraz kombinowany łączący oba te systemy. Poza wymienionymi spotyka się także systemy pasmowe oraz plamowe, w których tereny zielone rozrzucone są nierównomiernie, co pokazano na rysunku 1.

Zachowaniu zwartości tych systemów służy m.in. idea terenów otwartych. Tereny otwarte są obszarami służącymi różnym funkcjom, z których najważniejsze jest umożliwienie wypoczynku zarówno aktywnego, jak i biernego. Są to przede wszystkim obszary pokryte roślinnością wykształconą w rozmaity sposób [12].



Rys. 1. Schematy układów terenów zieleni w mieście:
*A – pierścieniowy, B – promienisty (klinowy), C – mieszany, D – plamowy,
 E – pasmowy [5]*

Z punktu widzenia własności i dostępności użytkowania wyróżnia się następujące zasadnicze typy terenów otwartych:

1. publiczne – utrzymywane przez władze rządowe i samorządowe, obejmują zarówno obszary chronione, takie jak parki narodowe, krajobrazowe itp., jak i parki miejskie oraz urządzone ogólnodostępne tereny rekreacyjne,
2. quasi-publiczne – stanowiące własność gminy, jak np. ogrody działkowe i szkolne tereny zielone, dostępne dla określonych grup użytkowników,
3. prywatne – używane wyłącznie przez wybrane grupy osób, jak np. klubowe lub prywatne tereny sportowe dostępne dla ich członków,
4. towarzyszące innej funkcji – takie jak tereny zieleni w osiedlach mieszkaniowych, cmentarze, zielen wokół kościołów, szpitali itp.

Powyższy podział przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Zestawienie terenów zieleni i wypoczynku związanych bezpośrednio z obsługą mieszkańców [59]

Tereny samodzielne	Tereny towarzyszące
Tereny ogólnodostępne	
<ul style="list-style-type: none"> – ogrody dziecięce (jordanowskie) – tereny wypoczynkowe ponadsielowe (w tym: parki międzyosiedlowe, dzielnicowe) – zieleńce rekreacyjne – tereny wypoczynkowe ogólnomiejskie (w tym: parki kultury i wypoczynku, tereny festynowe i rozrywkowe) – promenady nadwodne – lasy wypoczynkowe – cmentarze 	<ul style="list-style-type: none"> – tereny zieleni towarzyszącej budownictwu mieszkaniowemu wielorodzinnemu – przydomowe place zabaw dla dzieci w wieku do lat 6 – przydomowe place gier i zabaw dla dzieci w wieku 6-10 lat – przydomowe place-aneksy wypoczynku dla dorosłych – tereny zieleni towarzyszącej usługom sportu rekreacyjnego
Tereny o ograniczonej dostępności	
<ul style="list-style-type: none"> – ogrody botaniczne – ogrody zoologiczne – parki historyczne – parki etnograficzne – tereny wystawowe – ogrody działkowe – kąpieliska i plaże nad wodami naturalnymi 	<ul style="list-style-type: none"> – tereny zieleni towarzyszącej usługom oświaty – tereny zieleni towarzyszącej usługom kultury – tereny zieleni towarzyszącej usługom wychowania – tereny zieleni towarzyszącej budownictwu jednorodzinemu – tereny zieleni towarzyszącej usługom sportu kwalifikowanego

Mimo odmiennego charakteru i stopnia dostępności, wszystkie typy zieleni stanowią zasób terenów otwartych gminy, przyczyniają się do ogólnego wrażenia nasycenia przestrzeni zielenią i współuczestniczą w spełnianiu doniosłych, ekologicznych funkcji zieleni w mieście [9]. Tereny zieleni w pełni spełniają swoją funkcję, gdy są dostępne dla większości osób. Przykład dostępności podaje tabela 2.

Tab. 2. Hierarchia publicznych terenów otwartych w miastach i obszarach wiejskich. Dostępność z miejsc zamieszkania (Polska) [41]

Rodzaj terenu zieleni	Czas		Warunki dotarcia
	dojścia (min.)	dojazdu (min.)	
Ogrody dziecięce – jordanowskie	10	–	Bezkolizyjne trasy piesze i rowerowe
Tereny wypoczynkowe takie jak parki: – osiedlowe – gminne	10	– do 30	Trasy piesze i rowerowe, komunikacja zbiorowa
Tereny wypoczynkowe jak: – parki międzyosiedlowe – ośrodki wypoczynkowe zespołu gmin	15	– do 40	Trasy piesze i rowerowe, komunikacja zbiorowa
Tereny wypoczynkowe ogólnomiejskie Tereny wypoczynkowe w skali regionu		do 30 do 90	Trasy piesze i rowerowe, komunikacja indywidualna i zbiorowa
Zieleńce	10-15	–	Trasy piesze
Lasy wypoczynkowe		do 40	Trasy piesze i rowerowe, komunikacja indywidualna i zbiorowa
Cmentarze		do 30	
Parki i ogrody dydaktyczne, tereny wystawowe		do 60	
Ogrody działkowe		do 30	
Kąpieliska i plaże naturalne		do 30	
		do 30	

2. Ochronne właściwości zieleni

2.1. Klimat

2.1.1. Ogólna charakterystyka klimatu Polski

Zieleń jest jednym z elementów wpływających na klimat miejscowy. Wpływa na termiczne i dynamiczne ruchy powietrza, zależnie od jej zawartości i cech ukształtowania, a także położenia geograficznego terenu, jego sylwety oraz istniejącej zabudowy [39].

Klimat uzależniony jest od [47]:

- szerokości geograficznej,
- wzniesienia nad poziom morza,
- odległości od wód powierzchniowych,
- szaty roślinnej,
- działalności człowieka.

Klimat to charakterystyczny dla danego obszaru zespół zjawisk i procesów atmosferycznych, które kształtują się pod wpływem właściwości fizycznych i geograficznych tego obszaru. Rozróżnia się trzy rodzaje klimatów w zależności od obszaru, dla którego definiujemy jego cechy:

- **makroklimat** – klimat dużego obszaru, o wymiarach 500-1500 m²,
- **mezoklimat** – klimat większych zespołów urbanistycznych, o wymiarach 1-10 km, nazywany także klimatem miejscowym lub lokalnym,
- **mikroklimat** – klimat określonego miejsca o niewielkich wymiarach, mierzonych w metrach. Mikroklimatyczne zjawiska zachodzą w przyziemnej warstwie powietrza do 2 m wysokości. Warstwa ta wyróżnia się szczególnie wysoką amplitudą poziomych gradientów, wykazując znaczne różnice temperatur i wilgotności już w zasięgu dziesiątek centymetrów [18].

Znajomość zjawisk zachodzących w zakresie klimatu miejscowego i mikroklimatu, takich jak promieniowanie słoneczne, temperatura powietrza, wilgotność i wiatr, ma pierwszorzędne znaczenie dla właściwego planowania i gospodarowania w danym ekosystemie rolniczym. Jeśli bowiem w zakresie makroklimatu działania człowieka są znikome, to w pozostałych rodzajach człowiek może przekształcać warunki miejscowe zarówno w korzystnym, jak i niekorzystnym dla krajobrazu kierunku [47].

Dla wartości użytkowej terenów mieszkaniowych decydujące znaczenie ma mezoklimat panujący na obszarze o wymiarach maksymalnych do 10 km i w przekroju troposfery do około 11 km oraz mikroklimat właściwy dla fragmentu obszaru, na którym położone jest osiedle [18].

Klimat miejscowy terenów zurbanizowanych różni się od tzw. pierwotnych warunków klimatycznych, ulegających modyfikacji z powodu nowego ukształtowania terenu oraz jego pokrycia.

Na obszarze osiedli będą to zmiany powodujące:

- podwyższenie temperatury powietrza,
- obniżenie wilgotności względnej powietrza,
- zmniejszenie natężenia promieniowania i liczby godzin nasłonecznienia,
- zwiększenie częstotliwości występowania mgieł,
- zwiększenie tendencji do występowania inwersji termicznej,
- zwiększenie sumy opadów atmosferycznych nad zwartą zabudową,
- zmniejszenie prędkości wiatru i zmiany jego kierunku.

Cechy te najczęściej przyczyniają się do niekorzystnych zmian warunków środowiskowych, co może prowadzić nawet do stanu zagrożenia zdrowia mieszkańców [18].

Mieszkalnictwo wymaga lokalizacji na terenach najkorzystniejszych pod względem klimatycznym, a więc charakteryzujących się takimi cechami jak:

- duże nasłonecznienie terenu, tzw. duża liczba dni bezchmurnych w roku na danym obszarze (na terenie Polski przyjmuje się średnio nasłonecznienie 50%),
- duża intensywność pionowej wymiany powietrza,
- dobra przewietrzalność pozioma, z wykluczeniem silnych zimnych prądów powietrza,
- brak tendencji do tworzenia się inwersyjnych zastoisk mgieł i zanieczyszczonego powietrza,
- ograniczona wielkość gradientów temperatury w przekroju dobowym i sezonowym,
- brak zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego, a przynajmniej brak ich w stopniu szkodliwym dla ludzi, zwierząt i roślin [18].

2.1.2. Lokalizacja zabudowy

Najkorzystniejsze warunki klimatyczne dla lokalizacji zabudowy mieszkaniowej występować będą na terenie o łagodnym spadku z wystawą południową, południowo-wschodnią i południowo-zachodnią, stykającym się z doliną otwartą w kierunkach wschód – zachód ze znacznym lustrem wody, generującym wstępujące prądy powietrza i przyspieszającym jego wymianę oraz ogrzanie zalegających w dolinach mgieł i mas powietrza zimnego. Można ogólnie stwierdzić, że zwykle korzystniejsze warunki klimatyczne występują na terenach, gdzie istnieją zdecydowane kontrasty między warunkami naturalnymi poszczególnych obszarów zabudowy.

Na takich terenach częściej występują:

- pionowe ruchy powietrza ułatwiające jego wymianę (konwekcja),
- przewiewanie mgieł i chmur,
- zwiększone opady,
- eliminacja zanieczyszczeń powietrza (poprzez pochłanianie ich przez rośliny, przewietrzanie),
- wyrównanie temperatury poszczególnych ośrodków mikroklimatycznych w przekroju dobowym.

Wszelkie odchylenia od idealnej lokalizacji zabudowy wymagają korekty w postaci odpowiednich rozwiązań projektowych, które mogą przeciwstawiać się lub przynajmniej ograniczać oddziaływanie negatywnych cech klimatu [18].

2.2. Funkcje terenów zieleni

2.2.1. Funkcje biologiczne

Funkcje biologiczne terenów zieleni obejmują:

- 1) zadania klimatyczne – osłona od wiatrów, wpływ na wilgotność gleb i powietrza, wpływ na temperaturę i skład powietrza,
- 2) zadania sanitarno-higieniczne – tłumienie hałasu, osłona od dymów i kurzu, wydzielanie fitoncydów, działanie jonizujące, oddziaływanie na psychikę człowieka [36].

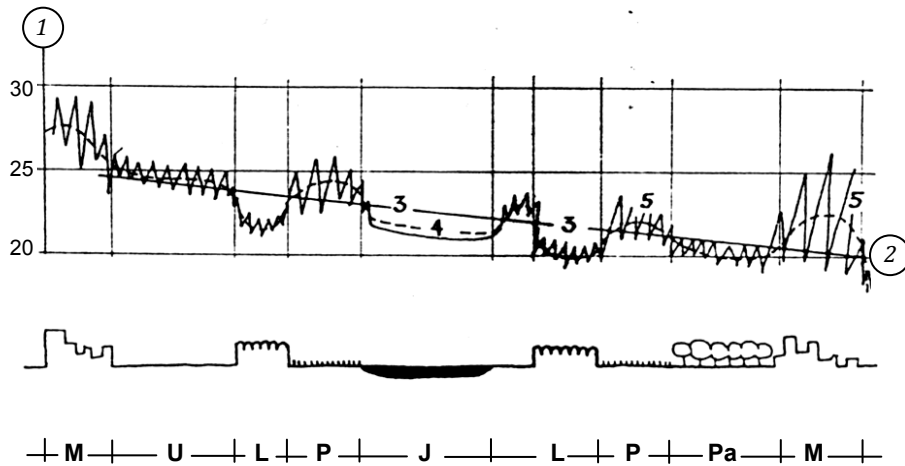
2.2.1.1. Inwersje, wiatry i temperatura

Wiatr jest podstawowym (obok temperatury) czynnikiem klimatu wpływającym na stopień ochładzania. Oprócz wiatrów typu makro-klimatycznego, charakterystycznych dla danej strefy klimatycznej i położenia geograficznego, występują miejscowe ruchy poziome powietrza pomiędzy lądem a wodą, lasami i polem, roślinnością a zabudowaniami, na skutek różnic temperatur spowodowanych promieniowaniem słonecznym [47].

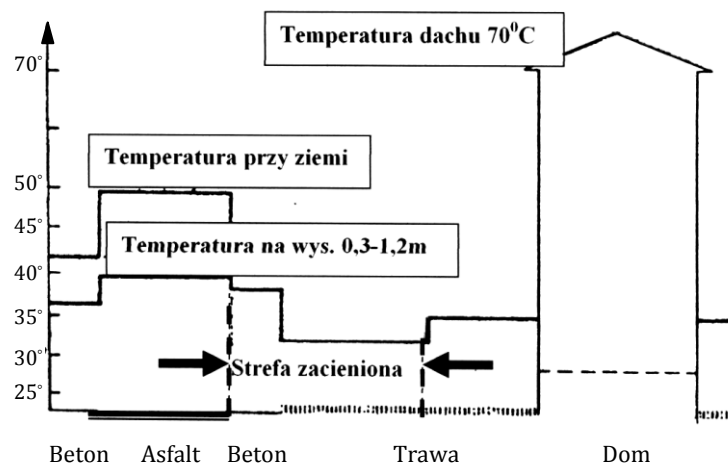
Tereny zabudowane charakteryzują się wyższą temperaturą niż tereny zielone, przy czym zieleń obniża temperaturę powietrza w dzień, a podwyższa ją w nocy. Zieleń wpływa zatem na termiczne i dynamiczne ruchy powietrza, zależnie od jej zawartości i cech ukształtowania (rys. 2).

W warunkach polskich termiczne ruchy powietrza powstają przy niewielkich prędkościach wiatru, w wyniku różnic temperatur powietrza wynoszących przynajmniej 1°C na przyległych terenach. Różnica ta zależy od zawartości wody w sąsiadującej ze sobą materii, właściwości fizycznych, barwy materiałów, wielkości płaszczyzn materiałów termicznie kontrastowych (rys. 3).

Im większe są powierzchnie kontrastujące, tym większa jest predyspozycja do powstawania ruchu powietrza w ich sąsiedztwie.



Rys. 2. Schemat przebiegu zmian temperatury (1) na przestrzeni kilku stopni szerokości geograficznej (2): 3 - zmiany w skali makroklimatu, 4 - zmiany w skali klimatu miejscowego (lokalnego), 5 - zmiany w skali mikroklimatu, M - miasto, U - uprawy, L - lasy, P - pola, J - jezioro, Pa - park [39]



Rys. 3. Wpływ materiału nawierzchni na temperaturę w czasie upału [47]

Trawniki o powierzchni do 1 ha nie wpływają w istotny sposób na temperaturę. Trawniki o powierzchni ponad 3 ha obniżają temperaturę i zwiększają wilgotność na wysokości 1,5 m nad trawnikiem. Jeżeli na terenie bez trawnika temperatura wynosi np. 23,5°C, to nad trawnikiem wynosi 21,2°C. Wilgotność nad trawnikiem jest większa o 6-13%. Przeciętnie trawniki wyparowują w lecie w ciągu dnia 100-200 g wody na godzinę z 1 m² powierzchni trawnika. Zmniejszają pęd wiatru o 10% [39].

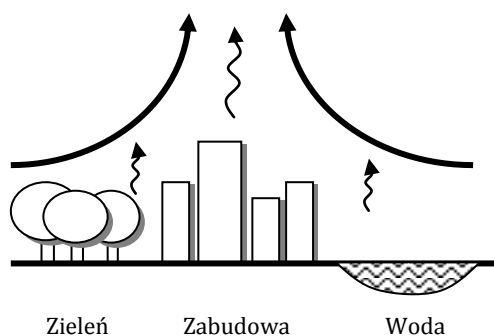
W stosunku do otwartej przestrzeni miasta temperatura [9]:

	<i>średnia dobową jest niższa</i>	<i>maksymalna jest niższa</i>
1. w parku leśnym	o 20,3%	o 23%
2. w parku miejskim	o 13,5%	o 17%
3. w małym parku	o 6,9%	o 9%

Termiczny wpływ zieleni parkowej zaznacza się w odległości 50 m od jej skraju obniżeniem temperatury o 0,4% i jest zauważalny jeszcze w odległości 100 m. Natomiast od skraju lasu w odległości 100 m obserwuje się obniżenie temperatury o 1-1,5°C [4].

Wartość różnicy temperatur pomiędzy terenami zabudowanymi a terenami zieleni nie jest jednakowa w ciągu doby. W godzinach wieczornych i nocnych różnice temperatur są największe, szczególnie w ciepłej porze roku, natomiast maleją wraz ze wzrostem wysokości nad terenem. Różnice temperatur między wnętrzem parku a powietrzem nad chodnikiem na zewnątrz parku zwiększają się z biegiem dnia, osiągając wieczorem wartość ponad 2°C, a w dni pogodne 5°C.

Nad terenem zabudowanym temperatura jest wyższa niż nad przyległym terenem niezabudowanym, dlatego powstaje lokalna cyrkulacja polegająca na odprowadzeniu ciepłego powietrza z obszaru zabudowanego, czemu towarzyszy napływ powietrza chłodniejszego z terenów otaczających (rys. 4).



Rys. 4. Schemat termicznych ruchów powietrza nad zabudową, zielenią i wodą. Nagrzewająca się zabudowa wywołuje pionowy ruch powietrza, dzięki czemu nad teren zabudowany napływa chłodniejsze powietrze z terenu otwartego (opr. na podstawie [39])

Pionowe prądy wynoszą zanieczyszczenia w górę, powodując w niektórych przypadkach tworzenie się warstwy zanieczyszczeń nad miastem. Powoduje to znaczne osłabienie promieniowania słonecznego dochodzącego do powierzchni ziemi [11].

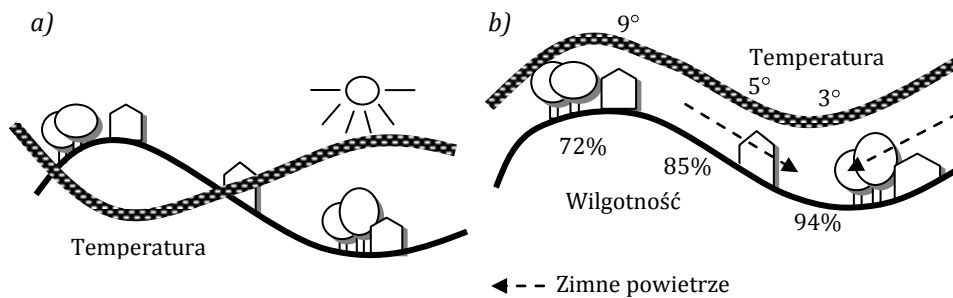
Inwersja to szczególne zjawisko mikroklimatyczne występujące w krajobrazie morenowym, falistym. Ze zjawiskiem tym mamy do czynienia nad zieleńią (przyziemne inwersje). Zimą lub na wiosnę pod wpływem promieniowania słonecznego powierzchnia czynna zbczcy nagrzewa się w ciągu dnia. Podczas bezchmurnych nocy następuje wypromieniowanie zmagazynowanego w glebie w ciągu dnia ciepła powodujące silne oziębienie powierzchni, od której z kolei oziębia się przyległa warstwa powietrza. Na skutek zwiększonego ciężaru właściwego warstwa ta, pokonując tarcie podłoża, zsuwa się po pochyłości zbczcy i zalega na dnie doliny. W ten sposób spływają ze zbczcy kolejne warstwy tworząc na dnie doliny zalew mroźnego powietrza, podczas gdy na wyżej położonych terenach jest cieplej. Tego rodzaju inwersja zdarza się, gdy spełnione są następujące warunki:

- bezchmurna,
- bezwietrzna,
- i typowo wyżowa pogoda.

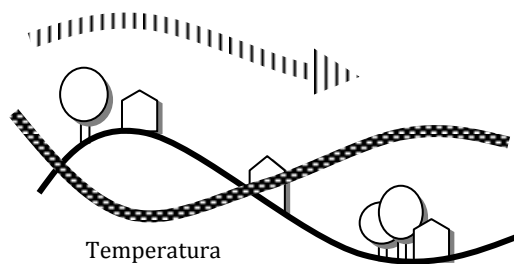
Naturalne i sztuczne zbiorniki wodne znajdujące się na dnie wklęsłości terenowych w znacznym stopniu rozładują mroźne powietrze spływające ze stoków. Jest to związane z dużą pojemnością cieplną wody, która w ciągu ciepłych dni nagrzewa się i stabilizuje temperaturę w strefach brzegowych w ciągu nocy i chłodniejszych dni. W zimie, gdy lód pokryje zbiorniki, ich ocieplająca rola nie istnieje (rys. 5-7).

Podczas pogody bezchmurnej inwersja utrzymuje się już od godziny 10⁰⁰-11⁰⁰ rano, a wieczorem osiąga 2,1°C na wysokości 1,25 m. Inwersje wpływają na kumulowanie się zanieczyszczeń w warstwie, w której oddychamy. Powstawaniu tego zjawiska zapobiega się przez projektowanie zieleni o różnej wysokości i gęstości, aby stworzyć możliwość przewietrzania terenu i ograniczenia spływu zimnego powietrza.

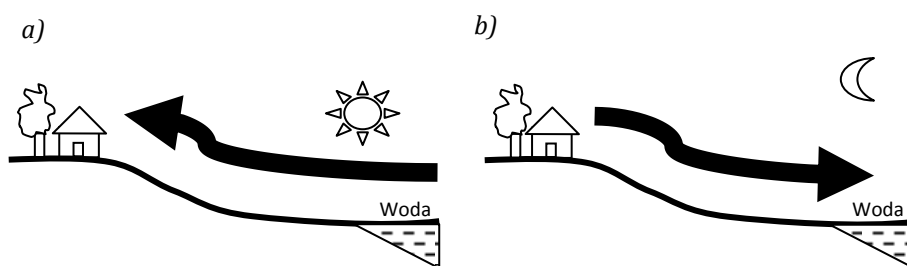
Rzeźba terenu wpływa na ruchy powietrza w wyniku ogrzewania lub oziębiania się powierzchni. Powietrze nad nią uzyskuje jej temperaturę, zimne opada ku niższym partiom terenu, a ciepłe wznosi się ku górze. Powietrze nad zbczcy nagrzewa się silniej niż nad doliną i ruchem wślizgowym przemieszcza się po zbczcy w górę, a zimne zalega nad doliną. Na skutek inwersji zimne powietrze w nocy ześlizguje się po stoku, a prędkość ześlizgu może dochodzić do 10 m/s i więcej. Najmniejsze pochylenie terenu, przy którym występuje wślizgowy lub ześlizgowy ruch powietrza wynosi 3% (rys. 8).



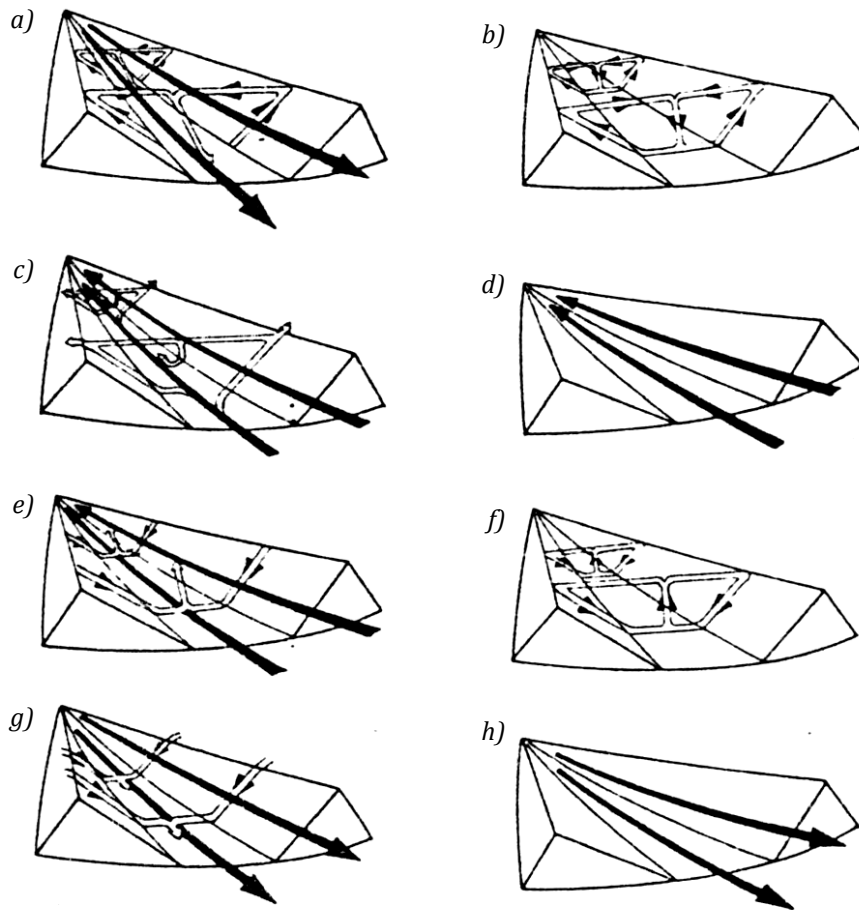
Rys. 5. Wpływ temperatury powietrza na warunki mikroklimatyczne:
 a) w letni dzień w dolinie jest bardziej gorąco niż na szczycie,
 b) w letnią noc powietrze w dolinie jest chłodniejsze i wilgotniejsze
 (opr. na podstawie [47])



Rys. 6. Wpływ wiatru na mikroklimat: w zimie silne wiatry obniżają temperaturę na szczytach (opr. na podstawie [47])



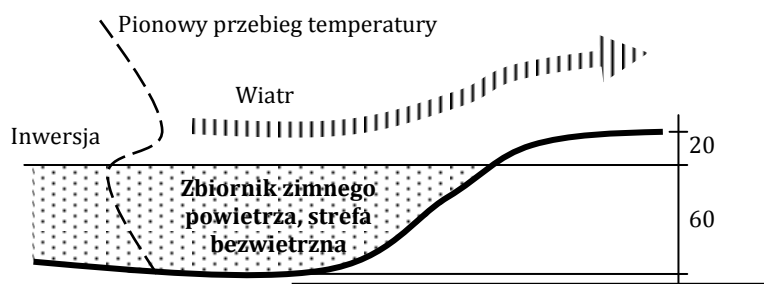
Rys. 7. Wpływ wody na mikroklimat:
 a) w letni dzień chłodny powiew przemieszcza się od wody w stronę lądu,
 b) w letnią noc chłodne powietrze przemieszcza się od lądu w stronę wody
 (opr. na podstawie [47])



Rys. 8. Działanie wiatru stokowego i dolinnego w ciągu dnia:

- a) przy wschodzie słońca,
- b) po ogrzaniu i ustaniu wiatru dolinnego zimnego,
- c) w południe, kiedy wiatr dolinny ciepły przemieszcza się w górę doliny,
- d) wiatr wypełnia całą dolinę,
- e-f) osłabienie i ustanie wiatru wiejącego w górę doliny,
- g-h) po zachodzie słońca wiatr dolinny chłodny spływa w dół [39]

Głębokość szkodliwej warstwy inwersyjnej szacuje się ogólnie na 1/5 wysokości względnej stoków bezleśnych – w lasach takie zjawiska nie powstają z uwagi na utrudnione promieniowanie powierzchni czynnej, zacienienie krzewami i koronami drzew (rys. 9).



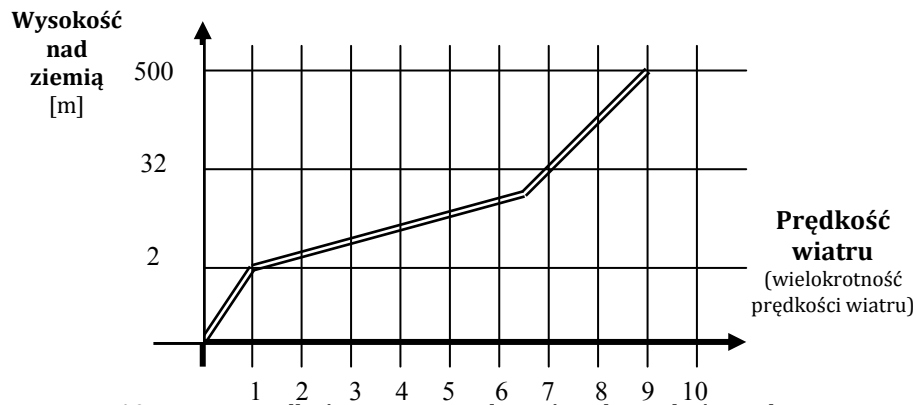
Rys. 9. Słabe wiatry nie są w stanie dotrzeć przez inwersję do dna doliny (opr. na podstawie [47])

Nie należy stosować przegród budowlanych ani wysokich zwartych pasm zieleni prostopadłych do kierunku ruchów ześlizgowych i wślizgowych, mogłoby to wpłynąć na powstanie zastoisk mrozowych. Przegrody prostopadłe do stoków powinny być ażurowe lub wykazywać niewielki spadek.

Z uwagi na położenie geograficzne, w Polsce wieją najczęściej wiatry z następujących kierunków:

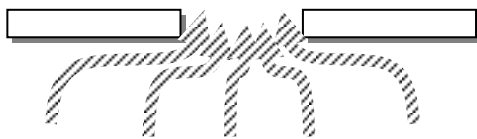
- południowo-zachodniego,
- północno-zachodniego,
- zachodniego,
- wschodniego,
- rzadziej silne i zimne wiatry północne i ciepłe południowe.

Zieleń wpływa także na poziome ruchy powietrza, zależnie od jej ukształtowania. Długie pasma zieleni powodują wzmacnianie kierunku ruchów powietrza zgodnych z ich przebiegiem. Przy przejściu z przekroju szerszego do węższego, strugi powietrza zagęszczają się – następuje zbieżność strug i wzrasta prędkość wiatru. Równocześnie zagęszczenie strug powietrznych wpływa na wypychanie ich ku górze, czyli zwężeniu przekroju towarzyszy tworzenie się prądu wstępującego. Zwężenie przekroju daje efekty dynamicznego pionowego ruchu powietrza. Uzależnienie prędkości strugi powietrznej od wielkości przegrody wynika z faktu, że prędkość wiatru jest zmienna w zależności od wysokości nad terenem; najmniejsze prędkości występują nad ziemią, do około 32 m nad ziemią prędkość wiatru wzrasta przeważnie pięciokrotnie, a przy zwiększaniu wysokości przyrost szybkości wiatru maleje i przy wysokości 500 m nad ziemią jest około 7 razy większy niż przy ziemi. W związku z tym na wyższym zboczu powstają prądy o większej prędkości niż na zboczu niższym (rys. 10).

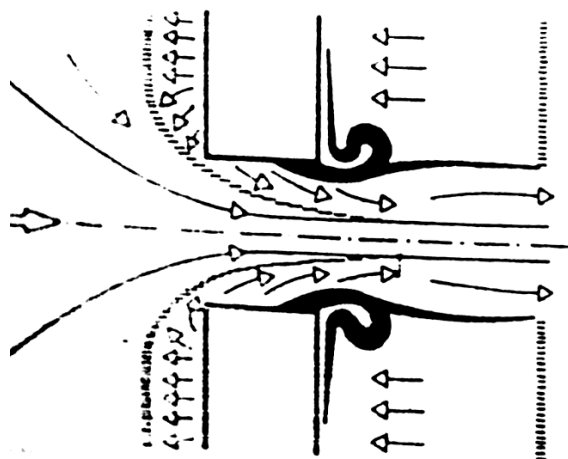


Rys. 10. Wzrost prędkości wiatru w zależności od wysokości nad ziemią

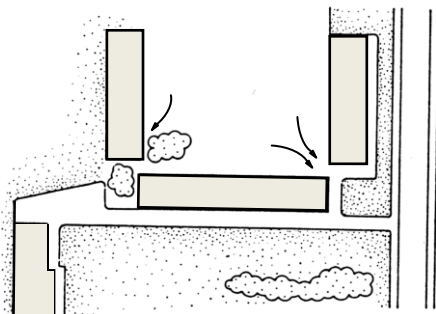
W prześwitach między budynkami powstają wiatry o większej szybkości niż na ulicach. Można je likwidować przez zupełne zasłonięcie przekroju zieleńią lub poszerzenie prześwitu (rys. 11-13).



Rys. 11. Zagęszczenie strug powietrznych między budynkami (opr. na podstawie [39])

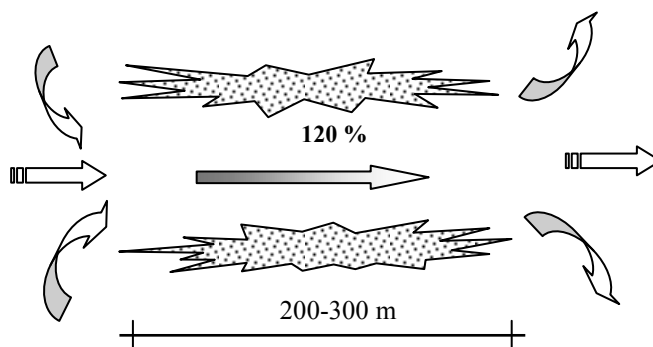


Rys. 12. Schemat pola przepływu powietrza w wąskiej przerwie między budynkami [11]



Rys. 13. Wpływ wzajemnej lokalizacji budynków na ruchy powietrza. W wąskich przejściach między narożnikami budynków powstają szkodliwe dla ludzi przeciągi i wiry powietrzne, które można osłaniać zielenią [39]

W pasie między zielenią wysoką szybkość wiatru o kierunku do niej równoległym może się zwiększyć do 120%, ponieważ wiatry turbulентne o szybkości powyżej 4 m/s mają rytmiczne zmienne kierunki. Tor równoległy do kierunku wiatru prostuje go i zwiększa jego szybkość (rys. 14).

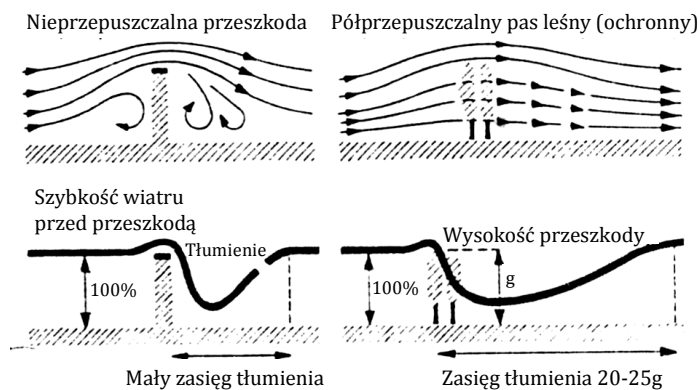


Rys. 14. Wzrost prędkości wiatru dzięki przepływowi przez przewężenie o długości ok. 200-300 m, uformowane przez równoległy pas roślinności, prędkość wiatru wzrasta o ok. 120%

Szybkość wiatru zwiększa się także nad powierzchniami gładkimi, takimi jak przestrzenie otwarte, wody, gładkie jeziora itp.

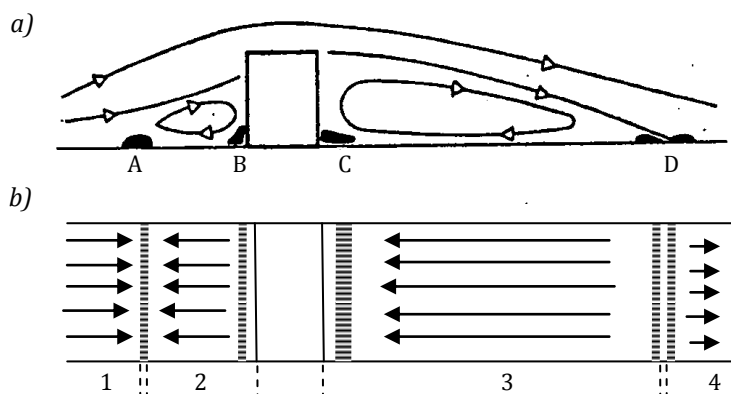
Jeżeli powietrze przepływa z wąskiej doliny nad szerszą równinę, jego strugi rozrzedzają się i następuje rozbieżność strug, a prędkość wiatru maleje. Dodatkowo zjawisku temu towarzyszy opadanie mas powietrznych. Za szczytową partią wzniesienia położonego prostopadle do kierunku wiatru następuje zmniejszenie szybkości powietrza i jego opadanie. Obszar zmniejszenia szybkości wiatru nazywamy cieniem aerodynamicznym. Pionowe przegrody tworzą cień aerodynamiczny za przegrodami, zmniejsza się energia kinetyczna strugi powietrza przez tarcie i chwianie gałęziami [39].

Zasięg cienia aerodynamicznego zależy też od przepuszczalności przegrody. Przy zieleni będzie on większy niż przy zabudowie (rys. 15).



Rys. 15. Porównanie wiatrochronnego działania przegród [39]

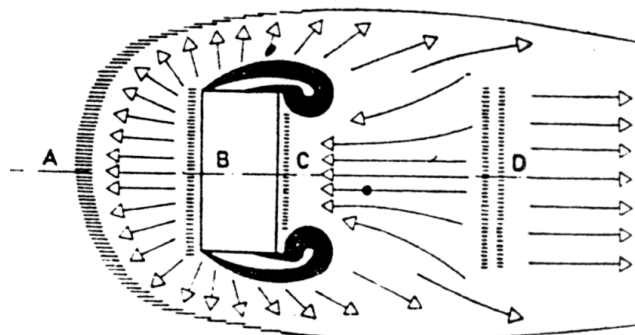
Głębokość strefy cienia aerodynamicznego wynosi od 1 do 3,75 szerokości budynków. Im budynek jest szerszy tym mniejszy będzie obszar cienia. (rys. 16 i 17).



Rys. 16. Schemat płaskiego opływu prądami powietrza środkowej części pojedynczego budynku o dużej długości, ustawionego prostopadłe do kierunku wiatru:

a) widok z boku, b) widok z góry

Punkty A, B, C, D określają linie rozdziału strumieni przepływów powietrza w jego warstwie przyziemnej: A – określa miejsce oderwania strumienia przed budynkiem, D – miejsce przyssania strumienia opływowego. Punkty: 1, 2, 3, 4 to obszary przepływów charakteryzujące się zmianą kierunków przepływu strumienia powietrza w jego warstwie przyziemnej, 1 – niezakłócony przepływ powietrza, 2 – przyspieszony przepływ powietrza w stosunku do przepływu niezakłóconego, 3 – zmniejszenie prędkości przepływu powietrza w stosunku do przepływu niezakłóconego, 4 – niezakłócony przepływ powietrza [11, 39]

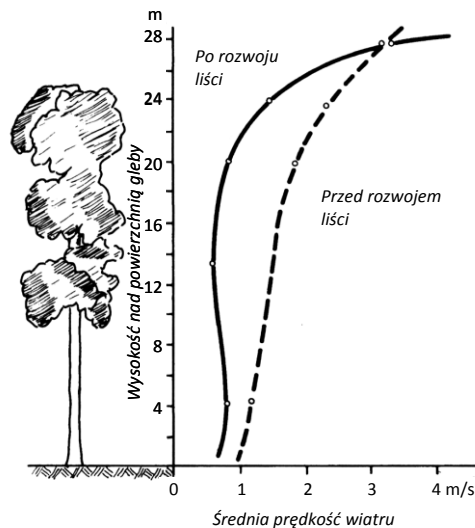


Rys. 17. Schemat opływu jednego krótkiego budynku, charakteryzujący się silnym oddziaływaniem opływu ścian bocznych na ukształtowanie pola przepływu powietrza. Oznaczenia jak na rysunku 16 [11, 39]

Liczne badania wykazały, że pasy wysokiej zieleni mają wyraźny wpływ na zmianę szybkości wiatrów. Osłabienie siły wiatru waha się w granicach 20-80% w zależności od odległości badanego miejsca od pasa zieleni. Zmniejszenie szybkości wiatru występuje w przestrzeni od ok. 30 do 40 wysokości pasa zieleni po stronie zawietrznej oraz 5-10 wysokości po stronie nawietrznej. Dla przykładu pas zadrzewień brzoźowych bez podszycia działa hamująco w odległości 250 m od pasa, w granicach 10-20%. W stanie ulistnionym wpływ ten wyniósł 20-70% szybkości wiatru [36].

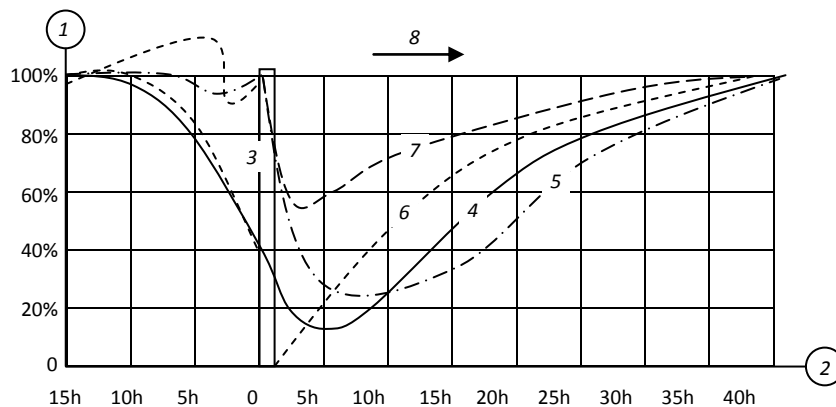
Zrzucenie liści przez drzewa tylko w części podnosi prędkość wiatru (rys. 18), po opadnięciu liści w gęstych drzewostanach liściastych redukcja prędkości wiatru wynosi ok. 50%. Procentową liczbę godzin ciszy w lesie dębowym przed rozwojem liści i po ich rozwoju pokazuje poniższe zestawienie [9]:

Wysokość (nad gruntem)	Liczba godzin	
	przed rozwojem liści	po rozwoju liści
– 27 m nad koronami	0	10
– 24 m w koronach	8	33
– 20 m dolna strefa koron	35	86
– 4 m nad gruntem	69	98



Rys. 18. Zmiana prędkości wiatru z wysokością w lesie dębowym ulistnionym i pozbawionym liści [9]

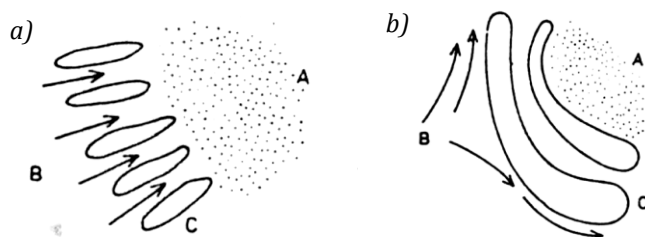
Ogólnie można stwierdzić, że zasięg tłumienia wiatrów przez zielen zależy od jej gęstości i waha się w granicach od 2 do 10 h po stronie nawietrznej, zaś od 8 do 60 h (inni autorzy podają 30-40 h) po stronie zawietrznej, gdzie h – wysokość zieleni (rys. 19).



Rys. 19. Wpływ pasów leśnych na zmiany prędkości wiatru przy powierzchni czynnej pól przyległych: 1 – zmiany prędkości wiatru w procentach, 2 – odległości od pasa wyrażone wielokrotnością jego wysokości, 3 – położenie pasa, 4 – pas ażurowy w dole i gęsty w górze, 5 – pas rzadki w dole i ażurowy w górze, 6 – pas gęsty w dole i w górze, 7 – pas ażurowy w dole i w górze, 8 – kierunek wiatru [39]

Wiatr po przejściu przez liście traci część energii kinetycznej, zmienia się także struktura strugi powietrza przechodzącej przez pas. Wyraża się ona w tworzeniu małych i krótkotrwałych wirów osłabiających turbulentną wymianę. Wiry te tworzą się w przyziemnych warstwach powietrza, a w miarę wysokości zwiększają się one i łączą się z nieosłabioną strugą, dlatego ważne jest, by dolne warstwy powietrza przechodziły przez pas, czyli aby był on w dolnej części ażurowy, umożliwiający swobodny ruch powietrza. Struga powietrza natrafiająca na pas zwarty o utrudnionym przepływie będzie znacznie osłabiona, a równocześnie będzie zmniejszona do minimum ilość powietrza przechodząca na drugą stronę. W efekcie górna warstwa strugi przechodzi z łatwością ponad koronami drzew pasa i szybko osiąga powierzchnię gleby, przez co wiatrochronne działanie pasa zanika na nieznacznej odległości po stronie zawietrznej. Najlepsze wyniki dają pasy w całości gęste lub w całości rzadkie.

Niemniej jednak badania i pomiary wykazały większą użyteczność pasów ażurowych nad gęstymi. Przy ażurowości pasa równej 30% spadek prędkości wiatru dochodzi do 45% w odległości równej 30-krotnej wysokości drzew [47]. Odpowiednim układem zieleni można zmniejszyć lub zwiększyć siłę wiatru, można także zmieniać jego kierunek, skierowując powietrze z terenów zieleni na teren zabudowy. Na rysunku 20. pokazano, w jaki sposób można ochraniać zielenią osiedla mieszkaniowe w przypadku występowania skażonego powietrza [39].



Rys. 20. Sterowanie ruchem powietrza:

a) ułatwienie przepływu powietrza z terenu B do A poprzez otwieranie przepływów między pasami zieleni wysokiej C, b) sterowanie ruchem powietrza utrudniające przepływ powietrza z terenu B do A [39]

2.2.1.2. Wilgotność

Zieleń wpływa też na zwiększenie wilgotności powietrza. Optymalna dla organizmu ludzkiego wilgotność wynosi 65% latem i 35% zimą. W Polsce występuje zbyt mało powierzchni wód, dlatego stosowanie zieleni do zwiększenia wilgotności powietrza jest jak najbardziej wskazane. Zieleń wysoka w znacznie większym stopniu wpływa na wilgotność powietrza niż zieleń niska. Badania wykazały, że różnica wilgotności między lasem a terenem otwartym wynosi około 5% po wschodzie słońca, o godzinie 14⁰⁰ już 115-125%, a po tej godzinie następuje stopniowe wyrównanie się tej różnicy – chodzi o parowanie wywołane wyższą temperaturą w godzinach południowych [36].

Parki, szczególnie w okresie wegetacyjnym, magazynują dużą ilość pary wodnej. Tereny zabudowane są ubogie w wodę, która po opadach w znacznej mierze spływa do kanalizacji. Dlatego też w ciągu doby zarówno w zimie, jak i w lecie, wilgotność względna w parkach jest wyższa niż poza nimi – w porze chłodnej średnio o 3-8%, a w porze cieplej o 5-20% [9].

W odległości 100 m od skraju lasu obserwuje się podwyższenie wilgotności względnej powietrza o 30%. Pas roślinności zbudowanej z drzew i krzewów, o szerokości 10 m zwiększa wilgotność względną powietrza do 80% i wyżej. Natomiast najmniejsza powierzchnia trawiasta wpływająca wyraźnie na zwiększenie wilgotności powietrza wynosi 3 000 m².

W celu uzyskania bardziej wyraźnego oddziaływania termiczno-wilgotnościowego obszarów zieleni należy przewidzieć wiele działań. Przede wszystkim teren powinien być pokryty roślinnością zróżnicowaną, niezbyt rozległe trawniki powinny sąsiadować z drzewami i krzewami [6].

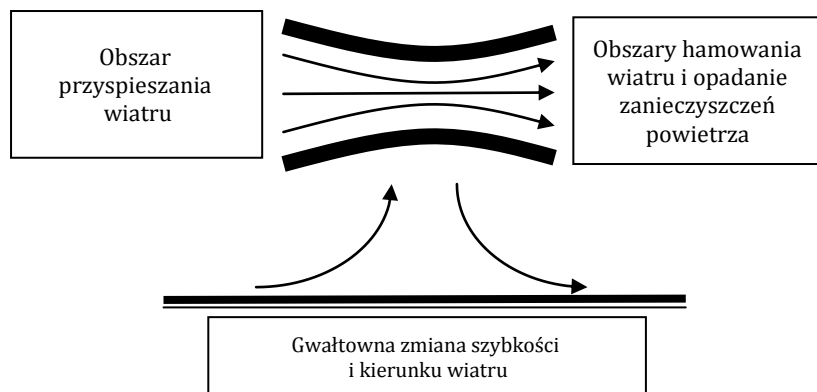
2.2.1.3. Zanieczyszczenie powietrza

Stężenie zanieczyszczeń zależy od ciężaru i ilości emitowanych do powietrza cząstek. Zależy także od szybkości i kierunku wiatru, temperatury, wilgotności powietrza i opadów atmosferycznych.

Należy mieć na uwadze fakt, że im niższa temperatura tym wzrasta stężenie zanieczyszczeń. Np. stężenie sadzy przy temperaturze +30°C wynosi 0,074 mg/m³, a stężenie SO₂ – 0,136 mg/m³. Przy temperaturze 0°C stężenie sadzy wzrasta dwukrotnie, natomiast stężenie SO₂ pozostaje niezmiennione. Przy dalszym obniżaniu temperatury do -30°C stężenie sadzy wzrasta trzykrotnie, a SO₂ czterokrotnie. Dlatego należy unikać terenów w cieniu słonecznym, wąskich jarów, dolin, do których spływa zimne powietrze. Tworzą się tam mgły i aerozole. Należy w takim przypadku tak formować grupy zieleni wysokiej, aby kierować powietrze zanieczyszczone ku terenom bardziej przewietrzanym i wprowadzać powietrze czyste, niezanieczyszczone.

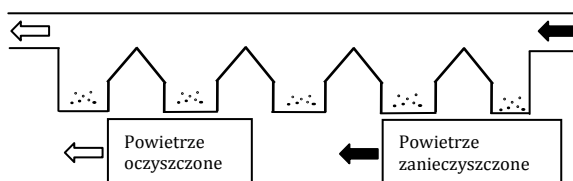
Dużą rolę przy oczyszczaniu powietrza mają pionowe ruchy powietrza wynoszące pyły i gazy na dużą wysokość. W związku z tym, należy lokalizować obok siebie tereny o dużym kontraście termicznym (zielen obok zabudowań).

Ruch pyłu jest wyznaczony przez kierunek i szybkość wiatru. Zmniejszenie szybkości lub zmiana kierunku wiatru powoduje zderzenie się cząsteczek pyłu i ich opadanie. Zmiana przekroju przepływu powietrza, przegroda na torze ruchu, gwałtowna zmiana chropowatości podłoża wpływają na zwiększenie opadu zanieczyszczeń. Opad zanieczyszczeń powinien występować w strefach kontrolowanych, przy strefach ochronnych zieleni ustawionej prostopadle do kierunku wiatru (rys. 21).



Rys. 21. Przepływ powietrza przez zwężenie. Szybkość powietrza zwiększa się przy zawężeniu przekroju. W najwęższym miejscu występuje gwałtowna zmiana szybkości wiatru i jego kierunku, której towarzyszy opad kurzu
A – zabudowa wysoka, zadrzewienie lub zbocze [39]

Rysunek 22. przedstawia schemat urządzenia odpylającego, które można łatwo wykonać w terenie za pomocą odpowiedniego wielopasmowego zazielenienia.

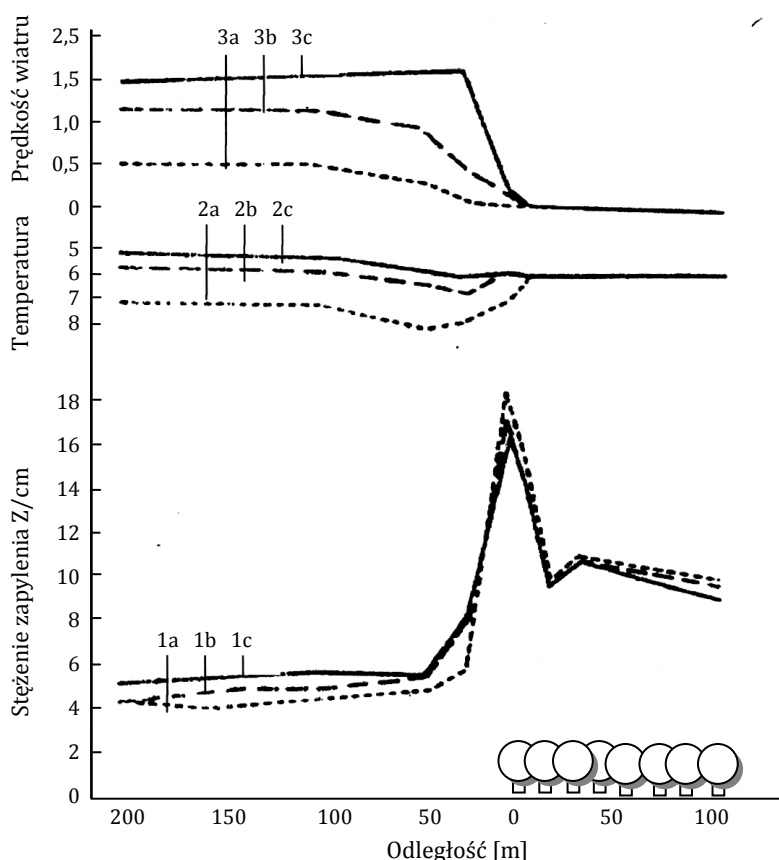


Rys. 22. Komora osadnicza to proste urządzenie odpylające. Do komory napływa powietrze zanieczyszczone, które stopniowo oczyszcza się przy zmianach prędkości ruchu powietrza wynikających ze zmian szerokości komory [39]

Zieleń nie może zamykać przepływu powietrza, natomiast powinna stanowić obszar filtracji [39].

Jeżeli nad lasem liściastym prędkość wiatru wynosi 4 m/s, to na wysokości drzew wynosi ona 2 m/s, a pod ich koronami poniżej 1 m/s. Zmniejszenie szybkości wiatru powoduje opad kurzu. Niezależnie od tego duża powierzchnia liści lub igieł w lesie iglastym (5-8 m² powierzchni zieleni), znajdująca się przeważnie na wysokości 5-15 m, działa jako filtr dla wszystkich zanieczyszczeń powietrza. Duża przyczepność pyłu do igieł drzew powoduje, że stężenie zapylenia znacznie maleje po przejściu przez teren zadrzewiony. Na przykład, jeżeli na odcinku danej długości zanieczyszczenie maleje o 10%, to na takim samym odcinku niezadrzewionym (zabudowa lub teren gładki) zmaleje jedynie

o około 5%. W okresie ulistnienia drzew zanieczyszczenie powietrza pod koronami zmniejsza się o 20-40%, a w okresie bezlistnym o 13-18%. Na skraju lasu występuje bardzo duża ilość zanieczyszczeń, a w miarę wzrostu odległości od brzegu obszaru zadrzewionego, stężenie zapylenia stopniowo maleje. Największe działanie filtracyjne ma zieleń wysoka, najlepiej ażurowa, o szerokości 30 m i oddalona od siebie o 20-30 m (rys. 23).



Rys. 23. Zmiany prędkości wiatru, temperatury i stężenia zapylenia nad lasem przy słabym wietrze, pomiary wykonano na wysokości względnej: a - 0 m, b - 1 m, c - 2 m (opr. na podstawie [39])

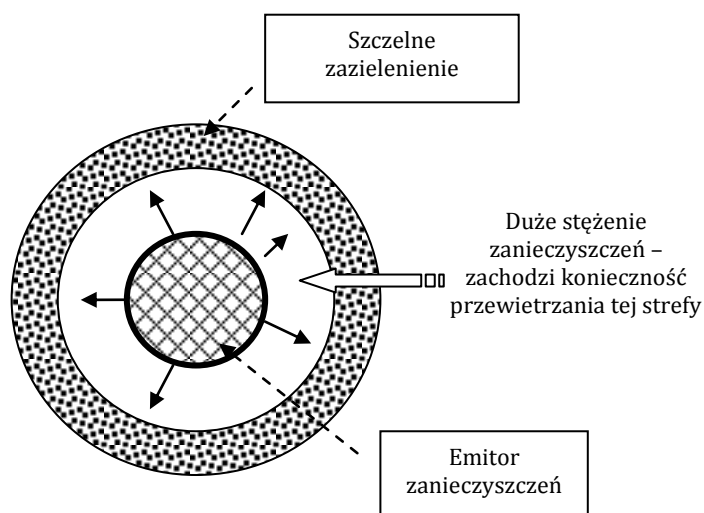
Zatrzymywanie zanieczyszczeń przez zieleń wysoką jest bardzo zróżnicowane i wynosi np. dla wiązu - 3,99 g/m², topoli - 0,55 g/m², bzu - 1,61 g/m², lipy - 1,30 g/m², klonu - 1,60 g/m² [30]. Powierzchnia liści 1 ha lasu bukowego wynosi 57 ha i może zatrzymać 68 ton pyłu. W tabeli 3. przedstawiono zestawienie wybranych drzew oraz ich efektywność w zatrzymywaniu zanieczyszczeń.

Tab. 3. Zatrzymywanie pyłu [39]

Odległość od emitora [m]	Efektywność zatrzymywania pyłu	
	Gatunek	%
400-500	sosna	40
	brzoza	24
	osika	16

Zieleń utrudnia rozchodzenie się zanieczyszczeń, przez co kumulują się one wśród listowia drzew i krzewów, dlatego należy pamiętać o bardzo dobrym przewietrzaniu pasów ochronnych zieleni, aby nie powstały lokalne zastoiska zanieczyszczeń, co w konsekwencji doprowadzi do obumarcia zieleni (rys. 24).

Ilość pyłu znajdującego się pod drzewami w pobliżu tras komunikacyjnych jest wielokrotnie mniejsza niż na otwartej przestrzeni [25].



Rys. 24. Brak przewiewu tworzy zastoisko powietrza wokół emitora zanieczyszczeń

Na terenie zadrzewionym zapylenie zmniejsza się o 90%, a na terenie pokrytym niską roślinnością o 50%. Roślinność pochłania duże ilości szkodliwych gazów, jak np. dwutlenek siarki (SO_2), siarkowodór (H_2S), dwutlenek węgla (CO_2), opary kwasu siarkowego i azotowego. Rozprasza także gazy przez ciągły ruch koron. Pas zieleni o szerokości 500 m obniża trzykrotnie zanieczyszczenia gazowe. Zawartość szkodliwych gazów nad parkami jest 2-3 razy mniejsza niż nad dzielnicami ściśle zabudowanymi [25].

2.2.2. Jonizacja powietrza

Zieleń wywołuje procesy elektryzacji atmosfery. Poszczególne gatunki zieleni mają zdolność jonizującego działania na człowieka. Rozróżniamy jonizację dodatnią i ujemną.

Jony o ładunkach ujemnych wpływają bardzo korzystnie na organizm ludzki – zwalniają ruchy oddechowe, powodują spadek ciśnienia krwi, dobre samopoczucie, wpływają dodatnio na czynności serca i płuc. Powietrze z ujemnymi jonami występuje w górach, na wyżynach, występuje także podczas przyprawów morza. Drzewa emitujące największą liczbę jonów ujemnych to brzoza, lipa, buk, sosna i świerk, z innych roślin to np. paprocie, fiołki. Zaleca się przebywanie w otoczeniu tych roślin, a nawet bezpośredni z nimi kontakt.

Jony o ładunkach dodatnich działają niekorzystnie na człowieka, zwiększając wrażliwość organizmu na liczne choroby, a także działając przygnębiająco. Jony dodatnie mogą występować w dolinach, kotlinach, na terenach inwersyjnych, terenach o złym przewietrzaniu. Jonizację dodatnią emitują dęby, kłony, jesiony, topole.

2.2.3. Substancje bakteriobójcze

Wiele gatunków roślin wydziela substancje lotne, zabójcze dla niektórych bakterii, grzybów i pierwotniaków zwane fitoncydami. Pospolitymi roślinami wydzielającymi fitoncydy są cebula, czosnek, chrzan, rzepa, aloes, łopian, chmiel, bób, fasola oraz wiele gatunków traw.

W rezultacie działania fitoncydów w powietrzu leśnym znajduje się 2-3 razy mniej drobnoustrojów niż w powietrzu okolic bezleśnych. Stwierdzono, że w lasach porośniętych limbą syberyjską w 1 m³ powietrza znajduje się 700 drobnoustrojów, podczas gdy w salach operacyjnych normy dopuszczają 500-1000 drobnoustrojów niechorobotwórczych (tab. 4).

Tab. 4. Oddziaływanie drzew na mikroorganizmy [39]

Gatunek drzewa dominujący w danym krajobrazie	Liczba mikroorganizmów w 1 m ³ powietrza	
	bakteria	grzyby
Limba syberyjska	380	320
Jodła zwyczajna	510	380
Sosna zwyczajna	640	320
Brzoza brodawkowata	450	510

Dodatnim działaniem na zdrowie człowieka wyróżniają się:

- bór sosnowy, wydzielający substancje lotne działające leczniczo na drogi oddechowe, obniżające ciśnienie i uspokajające,
- graby, działają pobudzająco na ośrodki nerwowe, wzmagają aktywność, usuwają zmęczenie oraz podnoszą ciśnienie krwi [39].

Intensywność działania fitoncydów jest zależna od wilgotności powietrza, temperatury, pory roku, wieku drzew itp. [36]. Lotne fitoncydy sosny zabijają drobnoustroje w przeciągu 10 minut, a jałowca w 5 minut. Jałowce rosnące na powierzchni 1 ha wytwarzają około 40 kg lotnych fitoncydów dziennie. Fitoncydy wydzielane są także przez dęby, graby, cisy, jodły, świerki, jesiony, klony, topole, orzechy włoskie, leszczyny, głogi, brzozy, czeremchy i sosny [25].

2.2.4. Produkcja tlenu i zanieczyszczenia gazowe

Zieleń jest regulatorem ilości tlenu i dwutlenku węgla w powietrzu. Dwutlenek węgla emitowany jest do atmosfery m.in. podczas spalania paliw w przemyśle i komunikacji oraz podczas procesu oddychania ludzi i zwierząt.

Wykorzystując energię słoneczną, rośliny wytwarzają wysokoenergetyczną substancję organiczną, za pomocą której wiążą w swoich tkankach węgiel oraz tlen, który następnie emitują do atmosfery. Procesy fotosyntezy i chemosyntezy (przebiegające przy wykorzystaniu energii chemicznej), są jedynymi naturalnymi źródłami tlenu w atmosferze. Szacuje się, że 100-letni wolnostojący buk pobiera w ciągu 1 godziny ponad 2 kg dwutlenku węgla, wydzielając jednocześnie 1,7 kg tlenu. Wyrósnięty buk w wieku około 100 lat i wysokości 25 m ma około 200 000 liści o łącznej powierzchni 1 200 m². W pogodny dzień liście takiego buku wiążą około 15 kg dwutlenku węgla i wzbogacają powietrze prawie o 8 000 l tlenu [22].

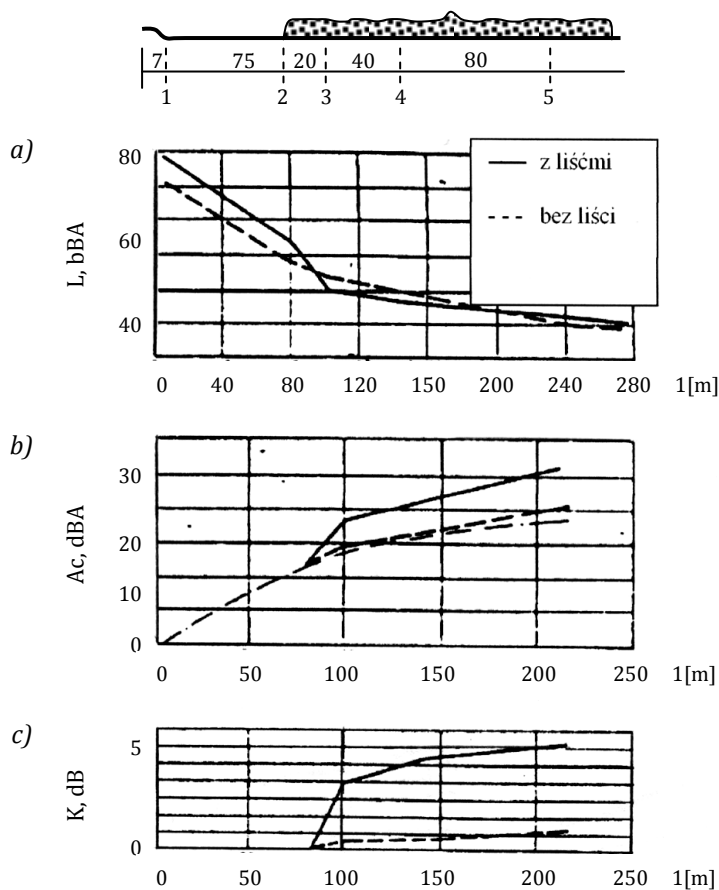
Roślinność produkuje tlen w zależności od tego, w jakich warunkach się znajduje. Warunki te tworzą m.in. jakość gleby, klimat, skażenie gleby, jakość oraz poziom wód gruntowych, jakość powietrza. Przykładem mogą być trawnik i drzewa rosnące przy ulicy, które produkują mniej tlenu niż ten sam gatunek rosnący w dobrych warunkach środowiskowych. Najlepiej do celów projektowych dobierać rośliny najczęściej występujące w rejonie objętym opracowaniem, ponieważ ilość i kondycja rosnącej tam zieleni świadczy o dobrych dla danego gatunku warunkach siedliskowych [39].

Rośliny absorbują szereg substancji chemicznych (np. toksyczne tlenki ołowiu) lub przyspieszają ich opadanie do gleby. Wiele substancji kumulowanych jest przez rośliny, co przyczynia się do osłabienia ich naturalnych zdolności obronnych [39]. O udziale w oczyszczaniu powietrza przez rośliny może świadczyć to, że średniej wielkości drzewo w ciągu sezonu neutralizuje toksyczne składniki spalin pochodzące ze 130 kg benzyny [25]. Niestety, jeżeli stężenie zanieczyszczeń jest zbyt duże, to zieleń choruje, ma małe przyrosty roczne lub obumiera.

2.2.5. Hałas

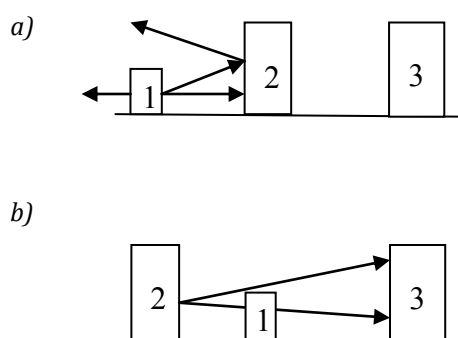
Zieleń skutecznie chroni przed hałasem. Powoduje ugięcie fali akustycznej, co wpływa na obniżenie hałasu. Nawet nieznaczne ugięcie fali dźwiękowej sprawia, że jest mniej intensywna od bezpośredniej. Jednak skuteczna ochrona przed hałasem ma miejsce tylko wówczas, gdy zieleń występuje w zwartych, gęstych skupiskach na dość dużych obszarach.

W pasmowym układzie zieleni najskuteczniejsze działanie będzie miało pierwsze pasmo o szerokości minimum 50 m, gdzie średnie tłumienie wynosi 0,1-0,35 dB/m. Jeżeli pierwsze pasmo jest rzadkie, wówczas jednostkowe skuteczne tłumienie jest mniejsze (o 0,01-0,1 dB/m) i nieznacznie rośnie wraz ze wzrostem szerokości przegrody (rys. 25).



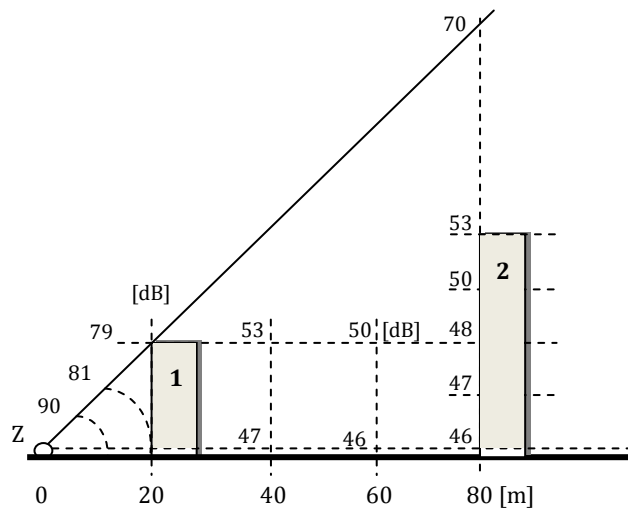
Rys. 25. Tłumienie hałasów z arterii komunikacyjnej powodowanej przez las (na przykładzie Lasu Bielańskiego): a) L, dBA – poziom dźwięku, b) Ac, dBA tłumienie całkowite, c) K, dB – tłumienie skuteczne, czyli różnica pomiędzy tłumieniem całkowitym a tłumieniem w terenie otwartym (opr. na podstawie [39])

Średnio można przyjąć, że tłumienie hałasu przez zielenie wynosi ok. 0,16 dB/m szerokości izolacyjnej, dlatego zielenie powinna być sadzona w szerokim pasie, powinna być gęsta i zwarta, szczególnie od źródła hałasu, np. od strony ulicy. W aglomeracjach miejskich ulice są często otoczone zwartą i wysoką zabudową. Powoduje to wielokrotne odbijanie się fal akustycznych od ścian budynków, co zwiększa poziom hałasu. Natomiast na terenach wiejskich dodatkowym problemem jest istnienie obok budynku mieszkalnego na działce siedliskowej także budynków gospodarczych, w tym inwentarskich. Przebywające tam zwierzęta również powinny być izolowane od hałasu. Dotyczy to zarówno hałasu powstającego od strony, jak i z innego obiektu, np. suszarni zboża, przechowalni warzyw i owoców, chłodni lub warsztatów naprawczych (rys. 26). Na działkach nowo projektowanych, modernizowanych lub rozbudowanych można zmniejszyć uciążliwość związane z hałasem, jeżeli zasłoni się budynek mieszkalny lub inwentarski innym obiektem, np. budynkiem gospodarczym magazynowo-składowym, garażem (rys. 27).

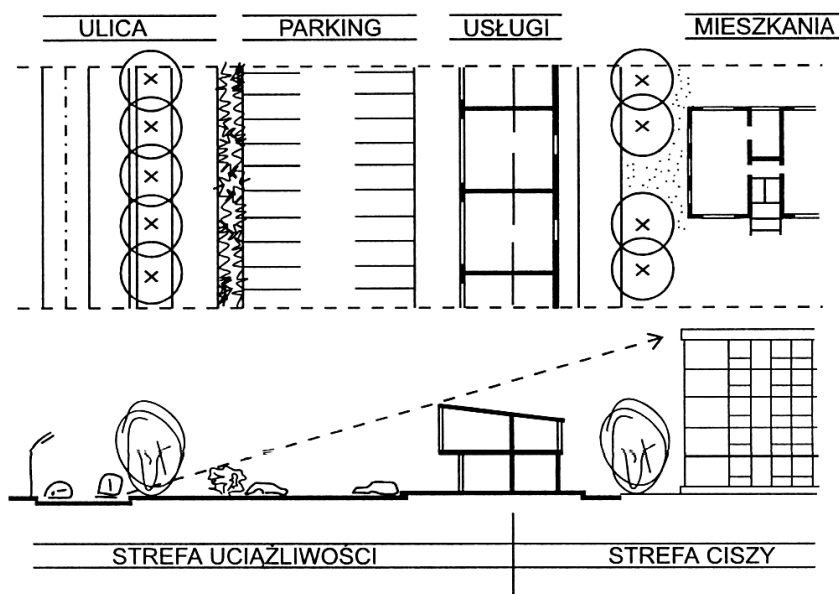


Rys. 26. Poprawne (a) i niekorzystne (b) usytuowanie obiektu będącego źródłem hałasu oraz wymagającego ciszy ze względu na odbicie fal dźwiękowych:
 1 - budynek stanowiący źródło hałasu lub inne źródło hałasu, np. droga,
 2 - budynek ekranujący,
 3 - budynek wymagający ciszy [47]

Najskuteczniejszym sposobem na zmniejszenie hałasu jest ustawienie budynków na działce równolegle względem siebie, z jednym budynkiem ekranującym od strony źródła hałasu oraz zastosowanie między nimi zieleni pasmowej wysokiej. Jednak należy wówczas zapewnić odpowiednie przewietrzanie działki [39]. Na rysunku 28. przedstawiono przykład ochrony budynków mieszkalnych za pomocą zieleni w pasie drogi, zieleni na działce budowlanej oraz budynku ekranującego.



Rys. 27. Wpływ budynku lub ogrodzenia ekranującego (1) na poziom hałasu w budynku ekranowanym (2) (opr. na podstawie [47])



Rys. 28. Przykład zastosowania w projekcie osiedla mieszkaniowego zasad racjonalnej ochrony budynków mieszkalnych od zewnętrznych hałasów i drgań [20]

W tabeli 5. przedstawiono dopuszczalne poziomy hałasu różnych rodzajów terenu.

Tab. 5. *Dopuszczalne natężenie hałasu wg PN -87/B-02151/02 [10]*

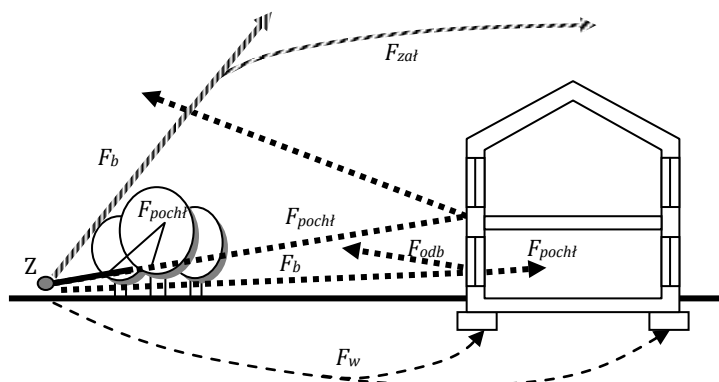
Rodzaj terenu	Dopuszczalne natężenie hałasu		
	Równoważny poziom dźwięku [dB]		Maks. krótkotrwały poziom dźwięku [dB]
	dzień 6 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	noc 22 ⁰⁰ -6 ⁰⁰	dzień
Podmiejskie osiedla mieszkaniowe	55	45	60
Tereny zabudowy mieszkaniowej z niewielką liczbą sklepów i placówek usługowych w pobliżu ulic o natężeniu ruchu do 1000 pojazdów na godzinę	50	40	65
Pomieszczenia mieszkalne	40	30	40
Pokoje chorych w szpitalach	35	30	35
Pomieszczenia do pracy umysłowej	35	-	35

Większość urządzeń użytkowanych przez człowieka stanowi potencjalne źródło hałasu. W tabeli 6. podano przykładowe wielkości przedstawiające poziomy hałasu od urządzeń spotykanych na co dzień.

Tab. 6. *Poziomy hałasu emitowanych przez wybrane źródła*

Rodzaj źródła	Odległość punktu pomiarowego [m]	Poziomy dźwięku [dB]
Samochód ciężarowy ponad 3,5 t	7,5	86
Samochód osobowy	7,5	82
Kosiarka do trawy z napędem spalinowym	7,5	87
Kosiarka do trawy z napędem elektrycznym	7,5	72
Śmieciarka	7,5	91

Na rysunku 29. przedstawiono sposób rozchodzenia się fal dźwiękowych od źródła hałasu do obiektu mieszkalnego [10, 47]. Wraz z rozchodzącymi się falami akustycznymi powstają drgania, które swoim zasięgiem obejmują fundamenty i ściany fundamentowe budynku. Drgania mogą przyczynić się do powstawania rys i pęknięć obiektu.



Rys. 29. Oddziaływanie fali dźwiękowej na budynek: Z – źródło hałasu, F_b – fala bezpośrednia, F_{odb} – fala odbita, $F_{pochł}$ – fala pochłonięta, $F_{zał}$ – fala załamana (ugięta), F_w – fala wstrząsowa [10, 47]

Hałas jest zjawiskiem bardzo niebezpiecznym dla człowieka, ponieważ powoduje [10]:

- uszkodzenie słuchu przez zniszczenie części komórek błony podstawowej ślimaka,
- zaburzenie funkcji układu nerwowego (np. zaburzenia czucia, wzmożona pobudliwość, bezsenność, utrata łaknienia, bóle i zawroty głowy),
- zaburzenia układu krążenia (np. skurcz naczyń obwodowych w kończynach, często nadciśnienie),
- zaburzenie w układzie hormonalnym (np. wzmożone wydzielanie hormonów kory nadnerczy).

Wyniki badań wskazują, że pas szerokości 40 m, składający się z różnych drzew w stanie ulistnionym, tłumi hałas w granicach 25,5 dB, natomiast przy bezlistnym stanie drzew tłumienie spada do ok. 17 dB. W przypadku zastosowania dwóch pasów zieleni (rząd lip i topoli) o odległości międzyrzędowej 7 m, tłumienie hałasu na przestrzeni 12 m w stanie ulistnionym wynosi 26 dB (pierwszy rząd 10 dB, drugi rząd 16 dB), a w stanie bezlistnym 16 dB (pierwszy rząd 7 dB, drugi rząd 9 dB).

Tłumienie hałasu przez zieleń jest wystarczające przede wszystkim dla pasm średnich i dużych częstotliwości. Przy małych częstotliwościach wartość tłumienia hałasu przez zieleń jest bardzo mała. W celu uzyskania tłumienia hałasu rzędu 10 dB przy częstotliwości powyżej 1000 Hz szerokości pasa zieleni

powinna wynosić minimum 15 m, przy minimalnej wysokości 5 m. Natomiast gęstość nasadzeń drzew i krzewów powinna uniemożliwić widzialność przedmiotów po drugiej stronie pasa zieleni.

Dobierając materiał roślinny dla omawianych pasów, należy dążyć do stosowania roślin zimozielonych, ponieważ w okresie jesienno-zimowym dobrze tłumią hałas. Stan bezliśtny zmniejsza skuteczność tłumienia hałasu w granicach 3-8,5 dB [36]. Przyjmuje się, że utrata liści przez drzewostan powoduje zmniejszenie tłumienia hałasu o 40-60 %.

Zdolność tłumienia dźwięku przez różne gatunki drzew i krzewów przedstawia tabela 7.

Tab. 7. Tłumienie dźwięków przez różne rodzaje drzew i krzewów [25]

Gatunki	Wyciszenie hałasu (w dB) przez drzewa	
	z ulistnieniem	bezliśtne
Wierzba	1,2	0,7
Suchodrzew tatarski	2,5	2,0
Irga wielokwiatowa	2,3	1,8
Perełkowiec japoński	3,8	3,1
Tawuła van Houtte'a	1,8	1,0
Ligustr pospolity	2,0	1,2
Karagana syberyjska	2,7	1,3
Forsycja pośrednia	4,5	3,0
Brzoza brodawkowata	5,7	4,1
Dereń biały	5,1	3,0
Dereń świdwa	2,2	0,1
Tawlina jarzębolistna	2,7	1,1
Skrzydłorzech kaukaski	4,0	1,8
Bez czarny	3,0	0,8
Jaśminowiec owłosiony	4,6	2,4
Olsza szara	3,2	0,6
Suchodrzew Maacka	6,9	3,5
Leszczyna pospolita	4,1	1,3
Buk zwyczajny	5,3	1,7
Grab	5,3	1,7
Lipa drobnolistna	6,3	2,5
Lipa szerokolistna	6,9	0,2
Lilak pospolity	5,4	1,8
Klon jawor	10,7	2,5

2.2.6. Alergeny roślinne

Alergia to stan, w którym alergen wywołuje reakcje obronną organizmu związaną ze zwiększoną produkcją antyciała zwanego immunoglobuliną E (IgE), co powoduje powstanie objawów i specyficznych dolegliwości, takich jak katar sienny czy astma. System immunologiczny reaguje na obecność obcych protein, wytwarzając stan zapalny. Alergia może być przyczyną dychawicy oskrzelowej, kataru siennego, choroby posurowiczej, obrzęku alergicznego krtań, może także powodować powstawanie na skórze wyprysków i innych zmian. Czasem jest niebezpieczna dla życia, powodując wstrząs anafilaktyczny.

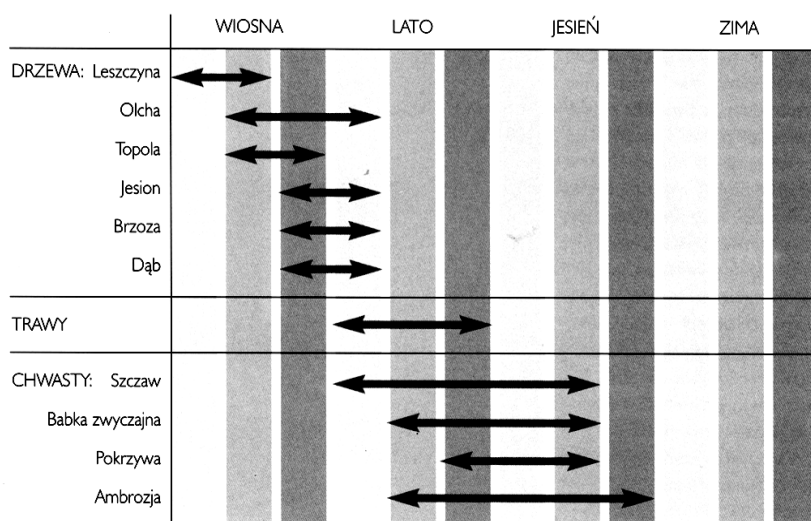
Okres pylenia roślin rozpoczyna się wczesną wiosną i trwa nieprzerwanie do jesieni. Kolorowe, kwitnące rośliny mają duże pyłki, co utrudnia im przeniesienie się z wiatrem, dlatego mogą nie sprawiać kłopotu, jeżeli nie podchodzi się zbyt blisko. Największą grupę pyłków będących przyczyną reakcji alergicznych stanowią pyłki pochodzące od traw, drzew i chwastów [45]. Największe stężenie pyłków występuje wczesnym rankiem i wieczorem. Pyłki mogą być wnoszone do domu nawet na odzieży lub na praniu suszącym się na powietrzu.

Na organizm człowieka alergizująco mogą wpływać różne części roślin, m.in. zarodniki, spory, pyłek kwiatowy itp. Alergenami są pyłki kwiatowe roślin wiatropylnych, np. zbóż i traw, które szczególnie zaznaczają swój wpływ wczesną wiosną i trwają do późnego lata. Silnie alergizującymi są niektóre drzewa [9]. Drzewa jako pierwsze zaczynają uwalniać pyłki. Proces ten zaczyna się wczesną od końca zimy i trwa do początków lata. Do gatunków drzew mogących powodować reakcje alergiczne zalicza się: bukszpany, klony, olchy, brzozy, kasztanowce, cedry, leszczyny, cyprysy, jesiony, orzechy włoskie, topole, dęby, wierzby, wiązy. Pylenie drzew zależy od temperatury powietrza i godzin nasłonecznienia, a ponieważ warunki te są co roku inne, więc ilość wyprodukowanego pyłku też się zmienia. Zwykle jednak okres pylenia drzew każdego gatunku trwa około trzech, czterech tygodni.

Pyłki traw są bardziej rozpowszechnione niż drzew. Trawy występują w setkach gatunków, a na świecie jest ich ok. 10 000 gatunków. Trawy rosnące na terenach nizinnych, żyzniejszych wytwarzają więcej pyłków niż trawy porastające tereny suche i ubogą glebę. Trawy powodujące alergię to m.in. wyczyńnic, tomka, owies głuchy, grzebienica, kostrzewa, żyto, tymotka, wiechlina. W miastach, w zależności od kierunku i siły wiatru oraz położenia geograficznego, ataki kataru siennego zwykle są najsilniejsze w dzień lub dwa po wysypie pyłków na wsi. Wysoka temperatura w mieście sprzyja utrzymywaniu się pyłków w powietrzu, tak więc ich stężenie mierzone przy gruncie jest niższe niż na wsi. Interakcje zachodzące pomiędzy pyłkami a miejskimi zanieczyszczeniami powietrza dają w efekcie objawy uczulające, występujące przy stosunkowo niskim stężeniu alergenów [45]. Przy intensywnym oddziaływaniu alergenów przez dłuższy czas może dochodzić do reakcji alergicznych u osób, które do tej pory nie wykazywały skłonności do alergii.

Ograniczenie zapylenia można ograniczyć przez systematyczną pielęgnację zieleni, np. koszenie traw przed kwitnięciem czy likwidację chwastów. Chwasty stanowią bowiem źródło zapylenia, rozpoczynając pylenie wczesnym latem i kończąc w połowie jesieni. Rośliną o jednym z najdłuższych okresów pylenia jest zwykły szczaw. Do roślin powodujących największe dolegliwości należą: ambrozja, bylica pospolita, pokrzywa, pomurnik lekarski, babka zwyczajna, szczaw.

Projektując zazielenienie ogrodu, należy unikać gatunków wytwarzających alergogenne pyłki, szczególnie, jeżeli z ogrodu mają korzystać osoby uczulone na pyłki roślin. Na rysunku 30. przedstawiono kalendarz największego stężenia pyłków dla poszczególnych roślin.



Rys. 30. Rozkład pylenia wybranych roślin w skali roku [45]

Przed burzą, gdy wzrasta wilgotność powietrza, pyłki traw pękają i uwalniają dużą ilość skrobiowych granulek zawierających alergen, które w połączeniu z gazami spalinowymi (połączenie z cząsteczkami węgla) lub pyłem zawieszonym, unoszą się wysoko w powietrzu. Dzięki temu z łatwością przedostają się do górnych dróg oddechowych.

2.2.7. Osłona przeciwśnieżna

W okresie śnieżnych zim należy wprowadzić osłony przeciwśnieżne, które skutecznie zatrzymają śnieg unoszony przez wiatr, zapobiegając zawiewaniu tras komunikacyjnych. Osłony przeciwśnieżne to przede wszystkim umieszczone w wywierconych otworach w ziemi tymczasowe słupki drewniane w rozstawie co 3 m, na których rozpina się siatkę z tworzywa sztucznego lub drewniane

płatki ustawiane naprzemiennie w dwóch rzędach i opierane wzajemnie o siebie. Zieleń także może być skuteczną osłoną, stanowiąc całoroczną przegrodę. Przegrodę tę można dowolnie formować, a odpowiednio dobrane gatunki zieleni mogą stanowić ciekawą formę i dobrze wkomponowywać się w krajobraz.

Na zielone przegrody stosuje się przede wszystkim krzewy, ponieważ od samego dołu stanowią mocno zagęszczoną przegrodę. Najlepiej sadzić zieleni rzędami w małej odległości od siebie. Przy odpowiednim doborze gatunkowym zieleni nie trzeba przycinać. Polecanymi gatunkami na osłony przeciwśnieżne są głogi, śnieguliczki, kolcowój pospolity i inne.

Żywopłaty powinny być stosowane przy wylocie odcinka drogi z obszaru zabudowanego i leśnego, przy trasie na stoku, przy przejściu ciągu drogowego z wykopu na nasyp, w płytkich wykopach i niskich nasypach [9]. Zieleń zabezpiecza nie tylko przed śniegiem, ale także przed wiatrem. Silny i porywisty wiatr o zmiennym kierunku może powodować chwilowe spychanie samochodu z drogi, szczególnie gdy występuje nagle i niespodziewanie. W związku z tym, należy dążyć do kontynuowania zazielenienia przy wylocie z obszaru zabudowanego. Żywopłaty osłaniające powinny kończyć się coraz bardziej ażurowym nasadzeniem. Osłony mogą również łączyć się z zielenią śródpolną.

Żywopłaty muszą być sadzone w pewnej odległości od drogi. Wynika to ze sposobu formowania się zasy pyłowej za osłoną. Zbyt bliskie w stosunku do drogi posadzenie będzie powodowało osadzanie się śniegu na koronie drogi (szczególnie przy silnie wiejących wiatrach), a zbyt odległe nie będzie chroniło drogi przed zaśnieżeniem. Przyjęto, że żywopłaty należy sadzić w odległości od 10 do 20 m od krawędzi jezdni. Zieleń nie może pogarszać bezpieczeństwa ruchu drogowego, poprzez zasłanianie kierującym pola widzenia. Szczególnie dotyczy to skrzyżowań z drogą podporządkowaną.

2.2.8. Osłona przeciw olśnieniom

Zieleń może być stosowana do tworzenia osłon przeciw olśnieniom, poprzez nasadzenia rzędowe i ciągłe między pasami jezdni. Wysokość zieleni powinna wynosić 150 cm. W pasie między jezdniami istnieje duże zanieczyszczenie powietrza i gleby, co sprawia, że należy dobrać zieleni odporną na trudne warunki środowiskowe. Do takiej zieleni można zaliczyć m.in. trzmielinę pospolitą, kalinę koralową czy suchodrzew zwyczajny.

2.2.9. Funkcje społeczne

Oddziaływanie zieleni na mieszkańców aglomeracji miejsko-przemysłowych ma także aspekt społeczny, wychowawczy oraz gospodarczy. Obszary zieleni miejskiej często kształtowane przez samych mieszkańców osiedli czy dzielnic sprzyjają nawiązywaniu kontaktów między ludźmi. Dotyczy to w szczególności stopniu ludzi samotnych, osób w starszym wieku, dla których towarzy-

stwo innych jest potrzebą życiową. Wrażenia estetyczne w kontakcie z zielenią sprzyjają łagodzeniu emocji, stresów, umożliwiają nawiązywanie stosunków towarzyskich [9].

Funkcje społeczne terenów zieleni to:

- rola dydaktyczno-wychowawcza (ogrody dla dzieci, ogrody szkolne, ogrody dydaktyczne),
- wpływ otaczającego środowiska przyrodniczego na zdrowie i wypoczynek człowieka,
- zadania wypoczynkowo-produkcyjne, tj. ogródki przydomowe, działkowe, szczególnie dotyczy to tych mieszkańców, którzy nie zajmują się produkcją rolną, tzn. praca związana z rolnictwem nie jest bezpośrednim źródłem ich utrzymania.

Ważną rolę wśród terenów zielonych na obszarze miast odgrywają ogrody botaniczne i zoologiczne, które stanowią dobre miejsce do prowadzenia lekcji szkolnych, a także do samodzielnego poznawania nowych gatunków roślin oraz zwierząt [9].

Znaczącą rolę odgrywają ogródki przyszkolne, w których należy nasadzać rośliny z różnych gatunków i które jednocześnie tworzą miejsce dla ptaków i owadów. Dzieci pod opieką wychowawców mogą kształtować swoją wrażliwość na piękno, mogą nauczyć się praw przyrody. Uczą się także poszanowania przyrody. Piękne i zadbane zakątki zieleni przy domach czy przy szkołach wpływają pozytywnie na kształtowanie się psychiki człowieka.

Potrzebę zazielenienia działki siedliskowej mają również mieszkańcy osiedli wiejskich. Coraz częściej obserwuje się nowe nasadzenia w przydomowych ogródkach oraz w głębi działek zagrodowych. Niejednokrotnie nowe nasadzenia pojawiają się na terenach ogólnodostępnych na wsi w postaci skwerów lub w otoczeniu obiektów sportowych.

Bardzo ważną rolę w przebiegu procesów leczenia, ułatwiającą m.in. pomyslną rehabilitację psychiczną pacjentów, odgrywa zieleń w otoczeniu szpitali i w uzdrowiskach, a także wewnątrz tych obiektów. Zieleń sadzona w donicach jest w okresie ciepłym wystawiana na zewnątrz, natomiast jesienią i zimą zdobi korytarze i świetlice wewnątrz obiektów.

2.2.10. Funkcje estetyczne

Wszyscy odczuwamy urok lasów, zagajników oraz pojedynczych drzew działających na wyobraźnię sylwetą i kolorem w zależności od pór roku. Skupiska drzew ożywiają monotonię terenów nizinnych, przyciągają wzrok różnorodnością kształtów swych koron, odcieni liści, barwą kwiatów i owoców. Pojedyncze drzewa stanowią ponadto pewnego rodzaju sprawdzian odległości, zapewniając perspektywie pól i łąk odpowiednią wymierność, która pozwala odczuć we właściwych proporcjach głębię dalekiego horyzontu [47].

Zieleń to także dobry czynnik zmniejszający i rozluźniający zabudowę. Jest doskonałym kontrastem plastycznym. Właściwe operowanie elementami zieleni wysokiej i niskiej oraz światłocieniem, dużymi płaszczyznami trawników i kwiatami wywiera korzystny wpływ na estetykę danego środowiska. Istotną rolę dla estetyki miasta pełni zieleń stosowana jako element osłonowy i maskujący różne obiekty, szczególnie przemysłowe [36]. Zazielenienie może być elementem podkreślającym wartości architektoniczne zarówno poszczególnych obiektów, jak i całych kompleksów zabudowy miejskiej. Dotyczy to zwłaszcza obiektów zabytkowych oraz historycznych układów dzielnic lub miast [9].

W gęsto zabudowanych miastach coraz częściej wprowadza się zieleń w pojemnikach. Jest to zieleń karłowata lub o niewysokim wzroście, najczęściej zimozielona. Zieleń tę wystawia się na placach, ulicach czy przy wejściach do obiektów użyteczności publicznej.

Z uwagi na rozwijający się dynamicznie rynek reklamowy w postaci dużych, kolorowych tablic, neonów itp., rola zieleni działa w takich przypadkach porządkująco i łagodząco [9].

2.3. Zagrożenia zieleni

Zieleń jest narażona na bezpośrednie oddziaływanie wszelkich zanieczyszczeń środowiska. Dotyczy to nie tylko oddziaływania gazów i pyłów na liście, ale także przedostawanie się zanieczyszczeń do gruntu i wody, skąd są pobierane przez rośliny.

Zanieczyszczenia gazowe i pyły wpływają na asymilację i oddychanie roślin, poprzez stopniowy rozkład chlorofilu. W efekcie roślina ma utrudniony wzrost, a w konsekwencji obumiera.

Najbardziej rozpowszechnionymi zanieczyszczeniami są: dwutlenek siarki, tlenki azotu, duże stężenie ozonu, związki fluoru, chlorowodór, amoniak. Spośród metali ciężkich, których obecność prowadzi do chorób roślin, należy wymienić rtęć, kadm i ołów.

Zanieczyszczenia wpływają negatywnie na wszystkie rośliny, nie ma gatunków całkowicie odpornych na skażone środowisko. W pierwszym etapie porażane są liście, które są małych rozmiarów, przez co z utrudnieniem przebiega proces fotosyntezy, produkcja tlenu, tempo i wielkość wzrostu roślin.

Najbardziej na uszkodzenia narażone są gatunki iglaste: sosna, jodła oraz świerk, ponieważ ich aparat asymilacyjny, czyli igły, funkcjonuje bez przerwy przez kilka lat w warunkach zanieczyszczonego środowiska. Znacznie mniej wrażliwe są gatunki liściaste zmieniające ulistnienie co roku.

Spośród gatunków iglastych, rosnących w naszych warunkach, najmniejszą wrażliwość na zanieczyszczenia gazowe i pyłowe wskazuje sosna czarna oraz sosna żółta. To samo można powiedzieć o świerku kłującym i jego odmianach o srebrzystym zabarwieniu igieł. Na obszarach będących pod wpływem

zanieczyszczeń powietrza niski stopień wrażliwości wykazuje modrzew europejski, odznaczający się ponadto znaczną żywotnością. Mało wrażliwe na zanieczyszczenia gatunki drzew liściastych to brzoza brodawkowata, olcha czarna, dąb czerwony oraz topola [9].

Innym rodzajem zagrożenia zieleni są warunki klimatyczne, takie jak: susza, upały, nadmiar deszczy, długie i mroźne zimy. Kolejną grupę zagrożenia stanowią choroby roślin, owady i mikroorganizmy. Ważnym czynnikiem mogącym doprowadzić do obumierania roślin są ich uszkodzenia mechaniczne, np. łamanie gałęzi, uszkodzenie kory drzew oraz udeptywanie roślinności. Dotyczy to nie tylko nawierzchni trawiastych, ale także drzew i krzewów, ponieważ na skutek udeptywania dochodzi do zaburzenia struktury powierzchniowej warstwy gleby. Taka gleba ma mniej składników odżywczych oraz z trudem przepuszcza wodę i powietrze, co prowadzi do obumierania roślin. Podobny efekt można osiągnąć wówczas, gdy zbyt blisko zieleni ułożona zostaje nawierzchnia nieprzepuszczalna, np. podczas wykonywania chodników lub jezdni. Szczególnie, gdy jest to nawierzchnia o małej ażurowości.

Zanieczyszczone liście częściowo oczyszczają się podczas deszczu. Zmywane z powierzchni liści zanieczyszczenia gromadzą się pod koroną drzewa czy krzewu i przenikają do gruntu. W skrajnych przypadkach dochodzi do silnego zakwaszenia strefy korzeniowej, co prowadzi do uszkodzenia roślin [25].

W okresie zimy dochodzi do zanieczyszczenia gruntu, poprzez stosowanie środków zapobiegających gołoledzi na trasach komunikacyjnych. Wówczas do gleby przedostają się duże ilości jonów sodowych, chlorkowych i siarczanych, co prowadzi do szkodliwej dla roślin zmiany chemizmu gleby. Trwające przez kilka zimowych sezonów zasalenie gleby wywołuje zmiany na obrzeżach liści, a w końcu może doprowadzić do usychania drzew i krzewów [9].

3. Projektowanie zieleni na działce

3.1. Lokalizacja budynków mieszkalnych

Przystępując do projektowania zieleni na działce, należy brać pod uwagę: potrzeby i oczekiwania inwestora, architekturę krajobrazu, warunki środowiskowe, położenie działki względem stron świata, nachylenie terenu, wielkość działki, strefy nasłonecznione i zacienione, lokalizację oraz funkcję planowanej lub istniejącej zabudowy, infrastrukturę techniczną oraz otoczenie działki.

Ponadto należy kierować się następującymi wytycznymi związanymi z projektowaniem terenów zieleni [47]:

1. Zieleń powinna być nasadzona od strony drogi jako osłona przed kurzem i hałasem, na granicy działki jako osłona ogniowa, przed wiatrem i słońcem.
2. Wielkość działki i jej zagospodarowanie zgodne z charakterem pracy (rolnicza, nierolnicza) decyduje o stopniu i intensywności zadrzewienia. Poprzez intensywność zazielenienia należy także rozumieć wysokość drzew i krzewów, formę oraz układ, jaki tworzą (grupy, pojedyncze elementy). Mniejsza działka powinna posiadać mniej intensywne zazielenienie.
3. Zieleń powinna być tak zaprojektowana, aby nie zatrzymywała dostępu słońca do pomieszczeń mieszkalnych, nie zasłaniała widoku na punkty związane z komunikacją (droga, wejście do domu).
4. Odległość zadrzewienia od domu powinna być tak dobrana, aby zieleń nie zasłaniała nadmiernie budynku oraz aby nie utrudniała wysychania ścian w okresach deszczowych.
5. Zieleń powinna brać udział w kształtowaniu warunków sprzyjających korzystaniu z odnawialnych źródeł energii.
6. nasadzanie zieleni musi być dokonane przy zachowaniu odpowiednich odległości, które dotyczą zarówno odstępu między samymi roślinami, jak i między stałymi elementami działki.
Odstępy dla drzew i krzewów podano w tabeli 8.
7. Jeżeli na działce zachodzi konieczność wprowadzenia drzew owocowych, to należy przewidzieć oddzielną część działki w oddaleniu od części komunikacyjnej. Na małych działkach, przy których nie ma możliwości wydzielenia osobnego sadu, wskazane jest zastosowanie tylko drzew owocowych, których kwiaty wiosną i owoce jesienią posiadają pewne walory estetyczne i zarazem użytkowe, a dzięki stosunkowo małym rozmiarom i możliwościom formowania, zajmują mniej miejsca na działce. Na dużych działkach natomiast należy wydzielić osobne miejsce na sad owocowy, a na pozostałym obszarze

zaplanować nasadzenia drzew i krzewów ozdobnych. Należy unikać mieszania drzew zwykłych i owocowych, ponieważ zbyt duża odmienność kształtu koron, ulistnienia i wymiarów stwarza niekorzystne efekty wizualne [8].

8. Nasłonecznienie działki związane jest z położeniem geograficznym działki, ukształtowaniem terenu oraz porą roku. Odpowiednie zaprojektowanie zazielenienia działki z doбором gatunkowym sprawi, że zieleni będzie zatrzymywała zbyt silne promieniowanie słoneczne tam, gdzie jest niepożądane ze względu na zbyt wysoką temperaturę w pomieszczeniach, utrzymującą się bardzo długo w ciągu lata. Jednak może być przeszkodą w wychwytywaniu krótkotrwałego zimowego promieniowania słonecznego.

Tab. 8. Zalecane odległości między zazielenieniem a obiektami budowlanymi i elementami infrastruktury technicznej [19]

Określenie	Najmniejsza odległość	
	od osi pni drzew [m]	od krzewów [m]
od krawędzi ścian zewnętrznych obiektów budowlanych powyżej 7 m wysokości	5	1,5
od krawędzi ścian zewnętrznych obiektów budowlanych poniżej 7 m wysokości	4	1,5
od stopy zewnętrznej murów oporowych, stromych skarp, tarasów itp.	1	0,5
od ogrodzeń o wysokości 2 m i więcej	4	1
od ogrodzeń o wysokości do 2 m	2	1
od słupów sieci oświetleniowej i trakcyjnej itp.	2	2
od krawędzi ścieżek parkowych i ogrodowych	0,75	0,4
od krawężnika jezdni	2	0,5
od przewodu sieci ciepłej	2	1
od przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych	1	1
od kabli elektrycznych	1,5	0,8

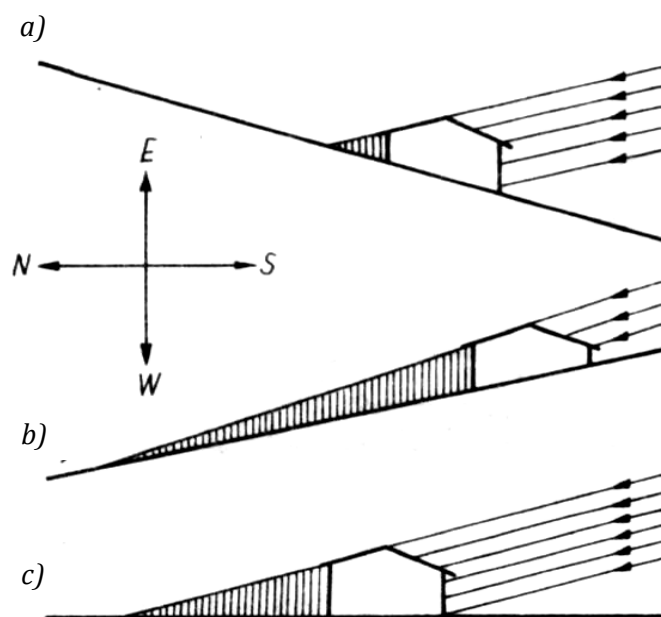
Polska rozciąga się pomiędzy szerokościami geograficznymi od 50 do 54 N, aby uśrednić można przyjąć szerokość równą 52 N (odchyłki odpowiadające innym szerokościom z podanego wyżej przedziału są małe). Do powierzchni Ziemi dociera promieniowanie bezpośrednie oraz rozproszone, co wynika z faktu przechodzenia promieni przez grubą warstwę atmosfery ziemskiej. Przyczynia się to do osłabienia intensywności promieniowania na skutek procesów pochłaniania i rozpraszania.

Natężenie promieniowania, zwane również napromieniowaniem, zależy od długości drogi promieni słonecznych przebytej przez atmosferę, jak też od stopnia przejrzystości atmosfery i kąta padania promieni słonecznych.

Długość drogi promieni słonecznych zależy od wysokości Słońca nad horyzontem, a więc od pory dnia i roku. Największe napromieniowanie na jednostkę powierzchni występuje przy kącie padania równym 90° , najmniejsze przy kącie zbliżonym do 0° .

W naszych warunkach największy kąt padania promieni słonecznych występuje w czasie przesilenia letniego (21 czerwca) i wynosi $H_s = 61,4^\circ$. Im większy jest kąt padania, tym mniejsza jest powierzchnia, na którą przypada jednostka promieniowania [53]. W okresie zimowym powierzchnia ta znacznie się wydłuża.

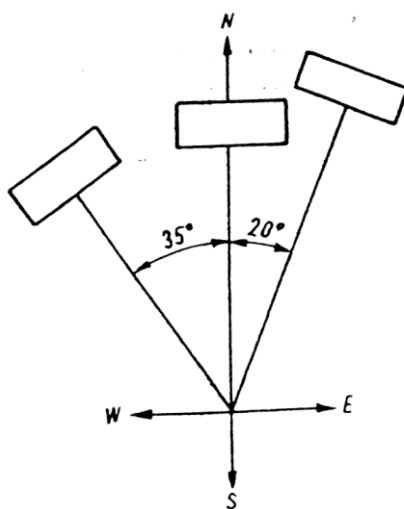
Istotny wpływ na intensywność promieniowania ma także ukształtowanie terenu. W terenie pagórkowatym pewne zbocza lub ściany domów otrzymują różne jednostki promieniowania (rys. 31).



Rys. 31. Wpływ ukierunkowania i nachylenia zbocza na zacielenie:
a) zbocze wystawione w kierunku południowym (S),
b) zbocze wystawione w kierunku północnym (N),
c) teren płaski [21]

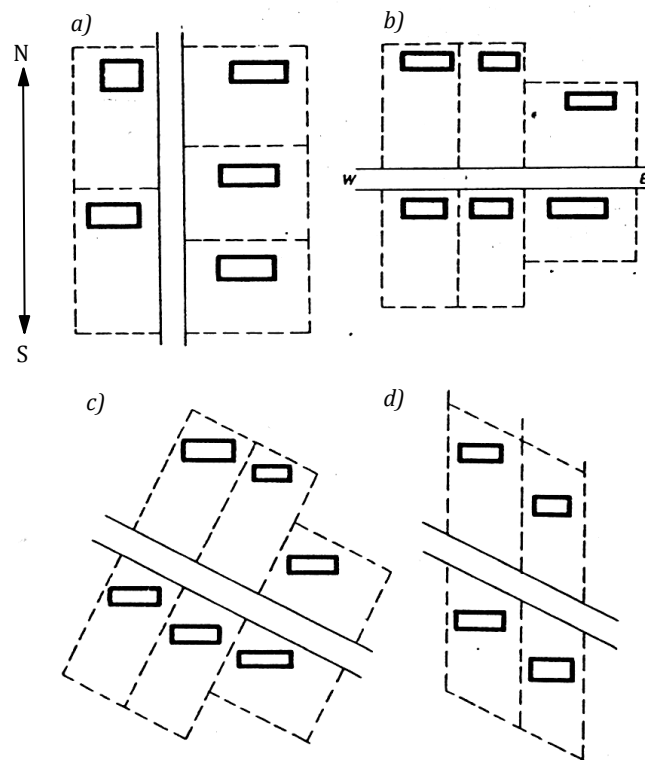
Pod zabudowę najlepsze są zbocza południowe lub południowo-wschodnie i południowo-zachodnie. Otrzymują one największą ilość promieniowania i znacznie zmniejsza się problem długości cienia. Elewacja uprzywilejowana nie powinna być zacieniana w sposób ciągły, np. przez inne obiekty zlokalizowane na działce projektowanej lub na sąsiednich działkach. Za elewację uprzywilejowaną uważa się stronę południową, na której najczęściej lokalizowane są w domu mieszkalnym pokoje wypoczynkowe. Bez specjalnego obniżenia wartości bilansu termicznego przyjąć można pewne odchyłki od kierunku południowego o 20° w kierunku południowo-wschodnim i 35° w kierunku południowo-zachodnim (rys. 32).

Biorąc pod uwagę możliwość korzystania z energii słonecznej, optymalny układ działki z budynkiem mieszkalnym powinien być taki, jak na rysunku 33.



Rys. 32. Dopuszczalne odchylenia dłuższej ściany domu od kierunku północ-południe [21]

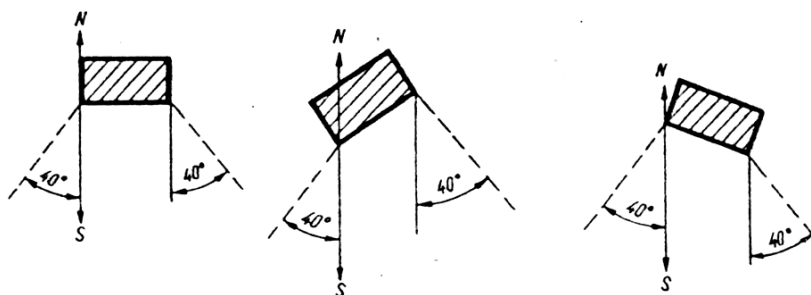
Wiejskie tereny osiedlowe posiadają inną specyfikę zagospodarowania działki. Wynika ona z charakteru pracy na wsi. Najczęściej są to działki z budynkami gospodarskimi, magazynowo-składowymi, inwentarskimi i domami mieszkalnymi. Z reguły działki zagrodowe są duże, niemniej jednak biorąc pod uwagę wysokości poszczególnych obiektów, często występuje problem zacienienia jednych obiektów przez drugie.



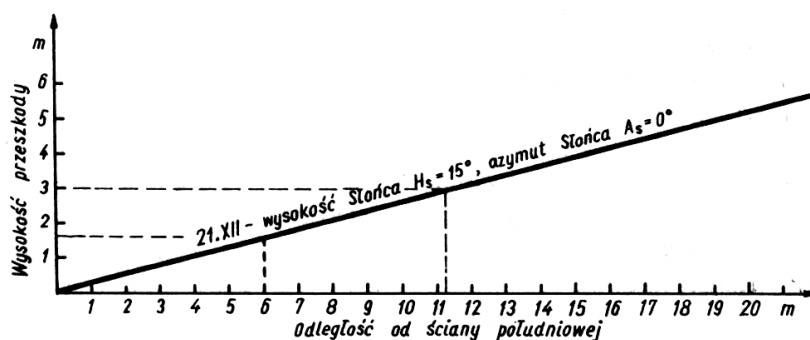
Rys. 33. Usytuowanie domu w pobliżu północnej granicy działki [8]

Dokładnej analizie wymaga przemieszczanie się Słońca, czyli wyznaczenie azymutu i określenie kątów padania promieni słonecznych na działkę. W porze zimowej najmniejsze promieniowanie słoneczne na ścianę południową budynku nagrzewa pomieszczenia z nią sąsiadujące. Jeżeli jest to ściana akumulująca energię ciepłą, to w czasie nocy ściana ta oddaje do pomieszczenia zgromadzone za dnia ciepło, czyli bierze udział w ogrzewaniu pasywnym domu [24]. Dlatego zimowa operacja słoneczna jest wyznacznikiem do określenia wytycznych do projektowania nie tylko zieleni, ale także innych obiektów, w tym także obiektów lub ich części akumulujących ciepło, np. ogrodów zimowych, ścian kolektorowych, dachów magazynujących ciepło [35]. W dniu 21 grudnia o godzinie 9^{00} i 15^{00} wysokość Słońca wynosi $H_s = 5^\circ$, a azymut $A_s = \pm 40^\circ$. Na podstawie tych parametrów można wyznaczyć strefę, która nie powinna być zazieleniana lub zastawiana przez inne obiekty (rys. 34). Strefa ta obejmuje kąty 40° wyznaczone z narożników domu na ścianie najbardziej wystawionej na południe. W tak wyznaczonym obszarze wszystkie przeszkody mogące rzucać cień (drzewa, krzewy, ogrodzenia, garaże itp.) powinny 21 grudnia znajdować się poniżej wysokości Słońca (rys. 35-36).

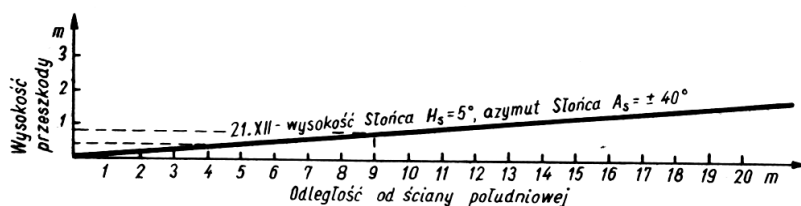
Dzięki poniższym wykresom można określić, jak wysoka może być przeszkoda i w jakiej odległości od ściany domu może być postawiona, aby jej nie zasłaniać.



Rys. 34. Zasięg obszaru przed południową ścianą domu, który nie powinien być zasłaniany [8]



Rys. 35. Współzależność między odległością od nasłonecznianej ściany a wysokością przeszkód w południe słoneczne – dla szerokości geograficznej $52^\circ N$ [21]



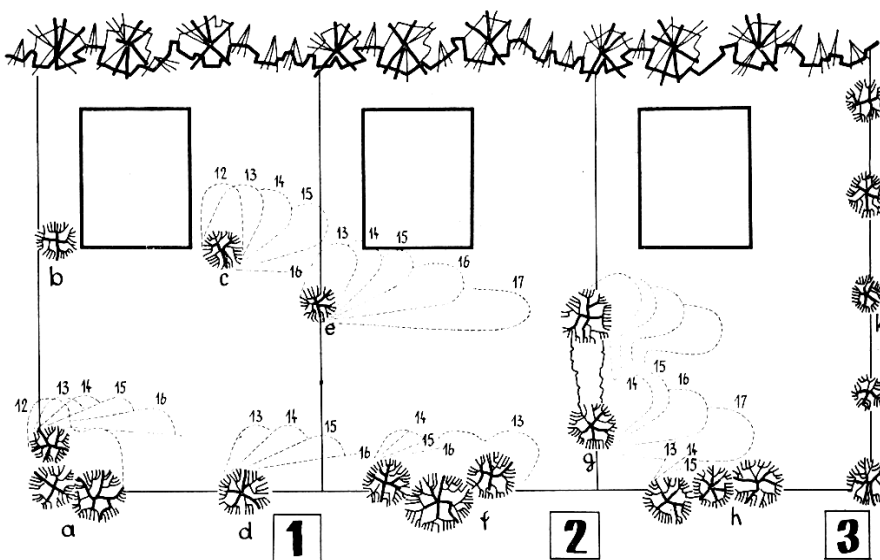
Rys. 36. Współzależność między odległością od nasłonecznianej ściany a wysokością przeszkód w godzinach 9^{00} i 15^{00} prawdziwego czasu słonecznego – dla szerokości geograficznej $52^\circ N$ [21]

Z punktu widzenia korzystnego bilansu cieplnego domu, można przyjąć zasadę sadzenia drzew i krzewów tak, aby zimą nie zasłaniały ściany południowej, natomiast latem powinny je zacieniać z uwagi na możliwość występowania przegrzewania się pomieszczeń przyległych do ściany południowej.

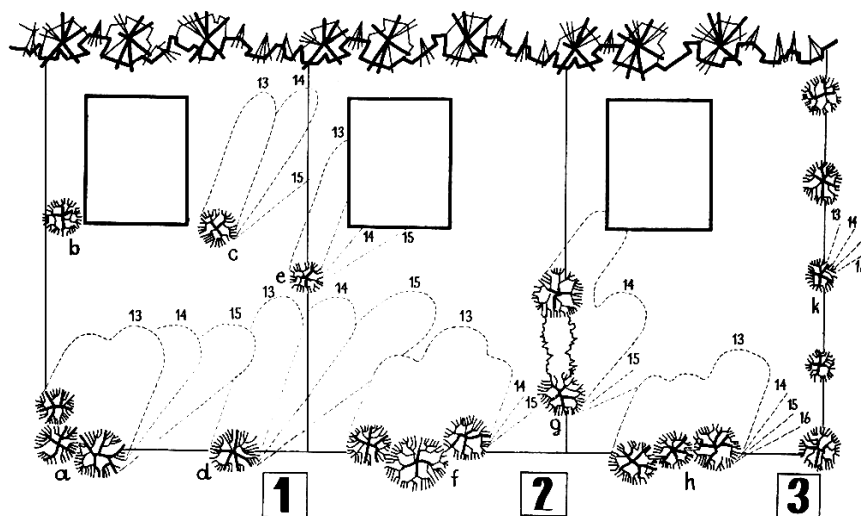
Zieleń, która ma być regulatorem dopływu ciepła latem i zimą, to przede wszystkim drzewa liściaste. W porze największego upału liście tworzą jednolity cień, natomiast w zimie drzewa tracą liście i stanowią niewielką przeszkodę dla promieni słonecznych.

Stopień przenikania światła słonecznego przez korony drzew liściastych jest bardzo zróżnicowany. Latem jesiony, olchy i brzozy zatrzymują około 89% promieniowania słonecznego, kasztany około 92%, a lipy drobnolistne nawet 98%. W zimie, w zależności od gęstości nagich gałęzi, ilość zatrzymywanego promieniowania waha się od około 70% dla topoli, 45-50% dla jesionów, brzoź, kasztanów, do około 40% dla klonów [8].

Wraz ze wzrostem zieleni oraz powiększaniem ich średnicy, a także zmieniającą się porą roku, wiąże się układ cieni rzucanych przez rośliny. Przykłady cieni przedstawiają rysunki 37-38. Uwzględniają one tylko dwa wybrane dni w roku: 21 czerwca i 21 września. Pamiętać należy, że cienie powstają na działce, ścianach domów, a także mogą obejmować przyległe działki. Przystępując do projektowania, trzeba uwzględnić docelowy wzrost roślin, przyjmując najbardziej optymalny w danych warunkach siedliskowych [53].

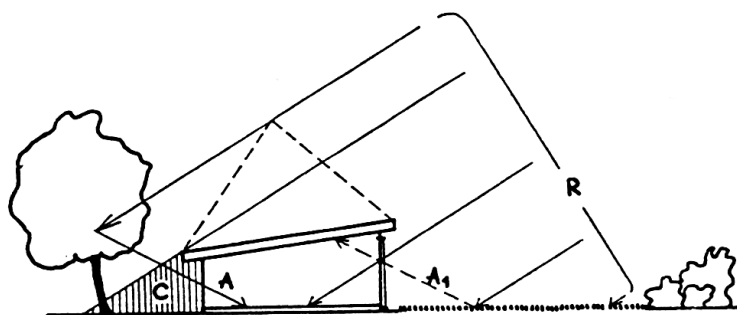


Rys. 37. Układ cieni w dniu 21 czerwca od godziny 12⁰⁰ do 17⁰⁰.
Przykład obejmuje trzy zazielenione działki (1, 2, 3), a-h – projektowana zieleni,
12-17 – cienie rzucane w pełnych godzinach [53]



Rys. 38. Układ cieni w dniu 21 września od godziny 13⁰⁰ do 16⁰⁰.
Przykład obejmuje trzy zazielenione działki (1, 2, 3), a-h – projektowana zieleń,
13-16 – cienie rzucane w pełnych godzinach [53]

Promieniowanie bezpośrednie łatwo może być przyjęte i wykorzystane na ścianie południowej. Po stronie północnej natomiast można wykorzystać promienie odbite. Dobrym ekranem, którym można posłużyć się do tego celu, jest zieleń, zarówno zieleń wysoka jak i niska. Odpowiednio ułożona może w sposób pośredni doświetlać pomieszczenia po północnej stronie budynku (rys. 39), korzystając ze zjawiska odbijania promieni słonecznych. Stosunek ilości promieniowania odbitego do padającego nazywa się albedo.



Rys. 39. Promieniowanie słoneczne (R) na działce z budynkiem mieszkalnym parterowym o płaskim dachu, C – cień budynku (jednocześnie strefa ochronna przeciwdziałająca stratom ciepła). Część promieni słonecznych wpada bezpośrednio do pomieszczeń przez okna, część odbija się od liści drzew po stronie północnej i rozjaśnia pomieszczenia z tej strony w postaci albedo A, część odbija się od trawnika i dociera do wnętrza pomieszczenia w postaci albedo A₁ [39]

W tabeli 9. przedstawiono współczynnik albedo dla niektórych powierzchni.

Tab. 9. Współczynnik odbicia (albedo) dla niektórych rodzajów powierzchni czynnej

Rodzaj powierzchni	Albedo [%]
Trawa jasna	25
Trawa ciemna	20
Las liściasty	20
Las świerkowy	10-15
Grunt bez pokrycia roślinnego, ciemny, suchy	15
Grunt świeżo zorany	5
Śnieg topniejący	40
Woda przy wysokości katowej 45°	5
Woda przy wysokości katowej 15°	20
Woda przy wysokości katowej 5°	50

Dużą rolę przy redukowaniu strat ciepła ponoszonych przy nadmiernym owiewaniu ściany północnej i północno-zachodniej mają nasadzenia drzew oraz krzewów iglastych blisko domu, osłabiające w ten sposób ruch powietrza. Szybkość wiatru może być zmniejszona nawet o 50%. Dotyczy to strefy północno-zachodniej i północno-wschodniej. Sadzenie drzew iglastych sprawia, że ochrona polegająca na obniżonej ruchliwości powietrza funkcjonuje przez cały rok.

Zieleń na działce w okresie początkowego wzrostu oraz podczas suchych dni wymaga nawadniania. Do tego celu należy wykorzystać wodę deszczową zbieraną z połaci dachu budynku, tarasów, balkonów za pomocą systemów odwadniających (rynny), z powierzchni utwardzonych jak drogi i parkingi za pomocą odwodnień powierzchniowych liniowych i punktowych, a także wykorzystując system drenażowy zewnętrzny (wokół budynku) i wewnętrzny (pod budynkiem). W celu oszczędnego gospodarowania wodą do podlewania ogrodu, zakłada się nawadnianie punktowe wchodzące w skład podpowierzchniowego systemu nawadniającego. Zaprojektowana sieć rur i zraszaczy pozwala w sposób automatyczny podlewać ogród.

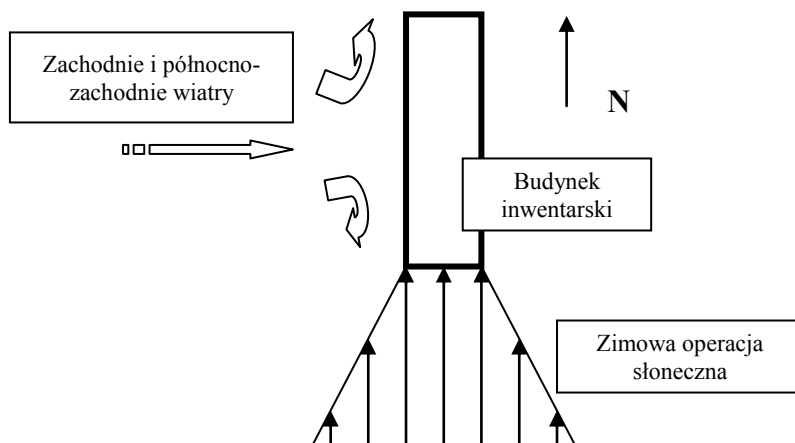
Jeżeli działka posiada spadki terenu, to przy gwałtownych opadach wystąpią problemy z szybkim odprowadzeniem wody powierzchniowej. Szczególnie po okresie suszy, gdy jest mocno zagęszczona wierzchnia warstwa gruntu. Woda powinna, poprzez właściwe ukształtowanie powierzchni, spłynąć w głąb ogrodu i od budynku. Wszelkie zagłębienia będą potencjalnym miejscem do gromadzenia się wody.

3.2. Lokalizacja budynków inwentarskich

Właściwa lokalizacja i ochrona budynku inwentarskiego związana jest nierozłącznie z poziomem produkcji zwierzęcej, ponieważ zwierzęta są bardzo wrażliwe na skrajne temperatury oraz na zbyt szybkie zmiany warunków klimatycznych.

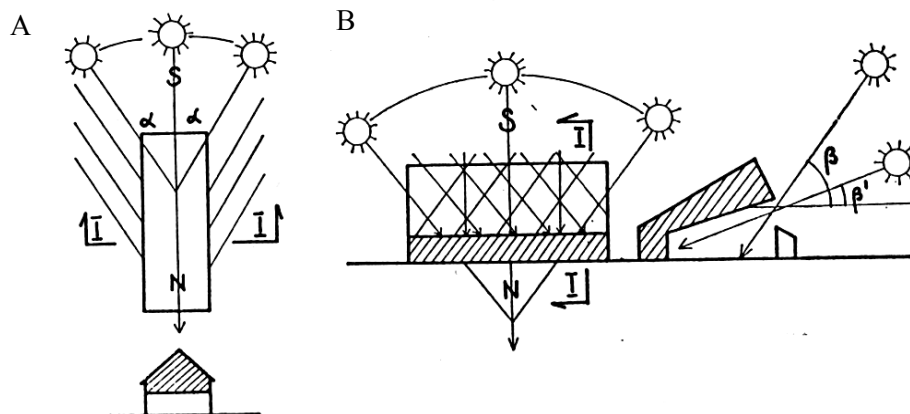
Zazwyczaj zaleca się lokalizację budynku osią podłużną względem kierunku północ-południe z niewielkimi odchyleniami (do 30%). Zaletą takiego położenia są równomierne warunki fitoklimatu dla światła dziennego we wnętrzu pomieszczeń. Uzyskuje się efekt dostępu bezpośredniego promieniowania słonecznego w godzinach porannych i południowych. Takie promieniowanie słoneczne występuje w miesiącach letnich, późną wiosną i wczesną jesienią, w tym czasie może panować wysoka temperatura w pomieszczeniach.

W okresie zimy, wczesnej wiosny i późnej jesieni, najintensywniejsze promieniowanie dociera do krótkiej ściany południowej. Długa ściana zachodnia jest narażona na ochładzanie przeważającymi w Polsce wiatrami zachodnimi (rys. 40). Mogą powstawać także poprzeczne przeciągi między nieuszczelnionymi oknami.



Rys. 40. Ustawienie budynku inwentarskiego osią podłużną w kierunku północnym. W okresie jesienno-zimowym ściana zachodnia szczególnie narażona jest na oziębianie

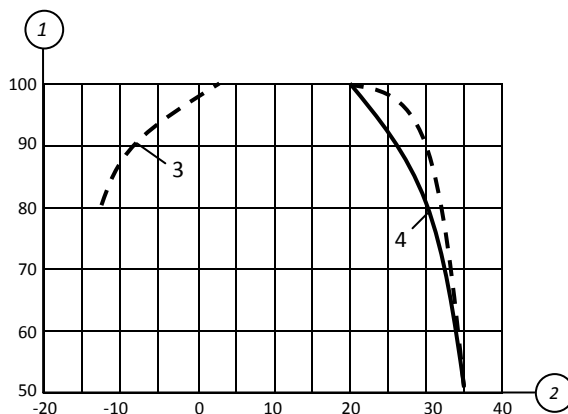
Położenie budynku inwentarskiego w kierunku wschód-zachód sprawia, że zimowe promieniowanie słoneczne nagrzewa długą ścianę południową. Nagrzewaniu również będzie ulegała ściana północna po wewnętrznej stronie, dzięki promieniowaniu przechodzącemu przez okna w ścianie południowej. Poprawi się także grawitacyjna wymiana powietrza (rys. 41).



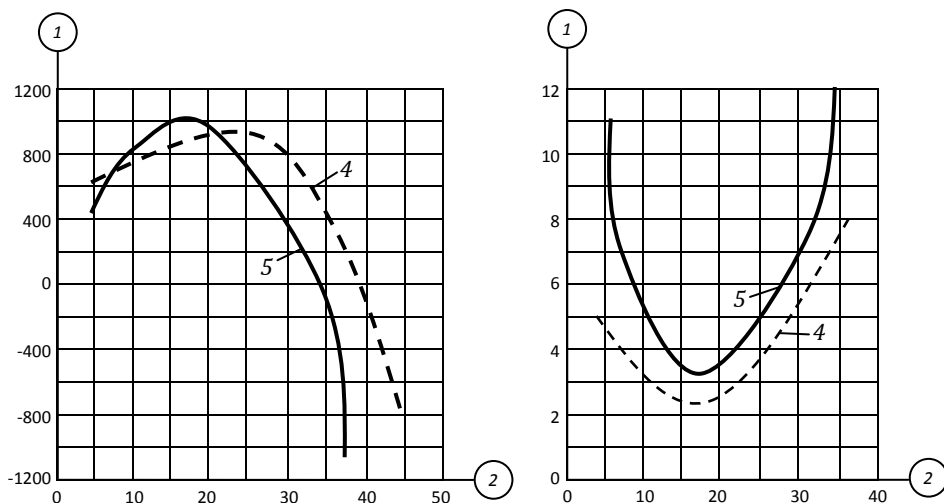
Rys. 41. Klimat obiektów inwentarskich:

A – budynek inwentarski tradycyjny, obustronnie oświetlony, położony kalenicą w kierunku północ-południe, B – budynek inwentarski oświetlony jednostronnie, położony kalenicą w kierunku wschód-zachód; α – sektor azymutów położenia słońca w okresie zimowym, β – kąt padania promieni słonecznych w czerwcu, β' – kąt padania promieni słonecznych w zimie [47]

Przy projektowaniu należy brać pod uwagę warunki klimatyczne optymalne dla zwierząt. Najlepiej ten problem obrazują wykresy dotyczące przyrostu wagi tuczników w zależności od temperatury panującej wewnątrz chlewni (rys. 42-43).



Rys. 42. Wzrost produkcji mleka w procentach (1) liczony od poziomu normalnego produkcji u krów w zależności od temperatury wewnętrznej w oborze (2) dla rasy Jersey (3) i Holstein (4) [47]



Rys. 43. Przyrost wagi w g/dzień i zużycowanie pasz w g/kg przyrostu (3) u tuczników w zależności od temperatury pomieszczeń w °C (2) dla zwierząt o ciężarze: 32-65 kg (4) i 75-118 kg (5) [47]

Im wyższa temperatura (powyżej 20°C) tym mniejszy przyrost wagi tuczników i mniejsza zależność w gramach zużytej paszy na kilogram przyrostu masy ciała. Podobnie jest w oborach, gdy temperatura w pomieszczeniu przekracza 20°C, wówczas spada produkcja mleka. Zagospodarowując działkę siedliskową, należy wskazać właściwą orientację budynku inwentarskiego, która zależy także od przyjętego układu produkcji (ciągi hodowlane, paszowe, gnojowe). Przy orientacji kalenicowej w kierunku północ-południe letnie promienie słoneczne mocno nagrzewają ścianę zachodnią, znacznie podnosząc temperaturę wewnątrz budynku inwentarskiego. Wprowadzając zieleń, zacienia się zachodnią elewację, co w znaczny sposób obniża temperaturę w pomieszczeniach w okresie letnim, a zimą stwarza strefę ochronną od zimnych wiatrów zachodnich oraz południowo-zachodnich.

Natomiast układ lokalizacji osi budynków inwentarskich w kierunku wschód-zachód w okresie letnim zmniejsza stopień nagrzania budynków, ponieważ najgorsze warunki temperaturowe występują w godzinach popołudniowych, kiedy następuje bezpośrednia operacja słoneczna na zachodnią ścianę obiektu. Im krótsza jest ta część budynku tym lepiej. Ściana południowa powinna być zacieniona drzewami liściastymi, co dodatkowo może być wykorzystane na wybieg dla zwierząt. W okresie zimowym natomiast zachodnie wiatry ochładzają jedynie krótszy bok obiektu, który można skutecznie zasłonić drzewostanem zimozielonym, co jednocześnie zmniejsza powstawanie przeciągów przy otwartych drzwiach obory.

3.3. Studium projektowe

Zazielenienie działki ogranicza hałas, np. od strony ulicy, zmniejsza uciążliwości spowodowane zanieczyszczeniem powietrza gazami spalinowymi, pyłami ciężkimi i lekkimi, poprawia warunki mikroklimatyczne na działce, osłabia wiatry przy jednoczesnym kontrolowanym przewietrzaniu działki. Potwierdza to przeprowadzone studium projektowe wykonane na przykładzie działki siedliskowej o powierzchni do 0,2 ha posiadającej budynek mieszkalny i gospodarczy [29].

W projektowaniu zieleni na działce uwzględniono następujące czynniki:

- położenie względem stron świata,
- dominujące kierunki wiatru,
- warunki glebowe i stosunki wodne,
- sąsiadującą zabudowę pod kątem jej uciążliwości,
- typ zabudowy (zwarta, luźna),
- położenie działki względem dróg.

W opracowaniu przyjęto także następujące uwarunkowania:

- położenie działki wzdłuż osi północ-południe z frontem od strony północnej,
- dominujące kierunki wiatru południowo-zachodniego i północno-zachodniego,
- warunki glebowe jak dla gmin nizinnych południowo-zachodniej Polski,
- położenie działki w ciągu zabudowy przy drodze,
- odległość budynku mieszkalnego od granicy działki 4 m, przy ustawieniu kalenicowym.

Przy projektowaniu zieleni starano się utrzymać zalecany podział działki na cztery strefy:

- izolacyjno-ozdobną – stanowiącą tzw. „przedogródek” występujący pomiędzy linią zabudowy a linią rozgraniczającą od strony pasa drogowego,
- mieszkalno-wypoczynkową – obejmującą zabudowę mieszkaniową oraz teren przeznaczony do wypoczynku, np. trawnik z rabatami kwiatowymi, elementami małej architektury, oczkiem wodnym,
- komunikacyjno-gospodarczą – w skład której mogą wchodzić zabudowania: inwentarskie, magazynowo-składowe, place składowe, szopy, garaże oraz komunikacja w postaci odcinków dróg dojazdowych i placów manewrowych,
- izolacyjno-użytkową – występującą najczęściej poza zabudową, z tyłu działki, od strony polnej drogi gospodarczej. W strefie tej najczęściej zakładane są sady owocowe, warzywniki oraz zieleń nieużytkowa w postaci zieleni wysokiej i niskiej występującej w linii działki [29].

Projektowanie prowadzono w następującym porządku:

1. Nasłonecznienie działki latem i zimą

Uwzględniono warunek, ażeby budynki poddane były nasłonecznieniu w okresie zimy i zacienione częściowo w okresie letnim. W koncepcji nasłonecznienie sprawdzono dla charakterystycznego punktu działki (P).

2. Wiatr i przewietrzanie

Zaprojektowano takie zazielenienie, ażeby stworzyć osłonę przed wiatrem o kierunku północno- i południowo-zachodnim. Jest to szczególnie odczuwalne w okresie jesienno-zimowym. Występuje wówczas znaczny spadek temperatury i wychłodzenie ścian budynków. Wprowadzona zwarta zieleń wysoka i niska od strony północnej tworzy bufor, który skutecznie zmniejsza prędkość wiatru. Działka powinna być osłonięta przed nadmiernym przewietrzaniem, ponieważ w ciasnych miejscach, szczególnie pomiędzy budynkami, tworzą się przeciągi i zawirowania powietrza. W celu uniknięcia zastoisk powietrza na działce należy zaprojektować możliwość przewietrzania, co jest szczególnie ważne na działkach zagrodowych.

3. Widoczność

Ze względu na bezpieczeństwo mieszkańców przewidziano osie widokowe z okien domu mieszkalnego: jedną na wjazd na działkę oraz drugą na drogę osiedlową.

4. Hałas i zanieczyszczenie od drogi

Zaprojektowano zielen izolacyjną ze szczególnym uwzględnieniem pasa w sąsiedztwie drogi. Zieleń powinna tworzyć zwartą strukturę na całej wysokości. Całoroczną skuteczność może zapewnić zieleń zimozielona o odpowiedniej gęstości nasadzeń.

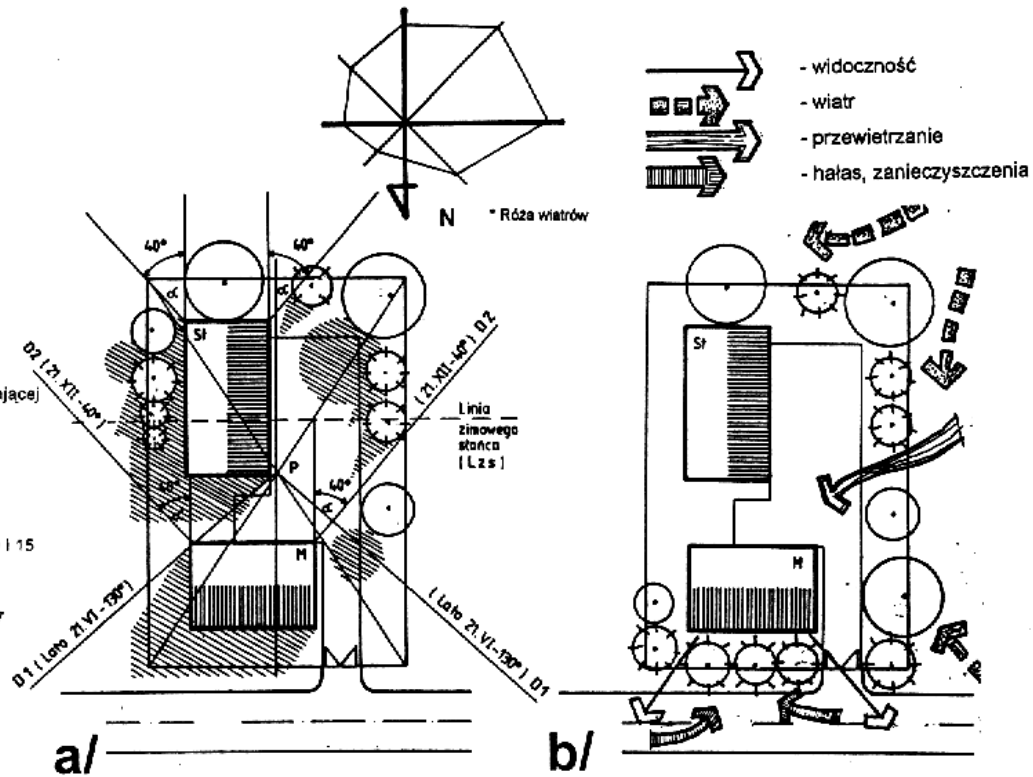
Na rysunku 44. pokazano studium projektowania zieleni na działce przy uwzględnieniu:

- a) nasłonecznienia
- b) wiatru
- c) widoczności
- d) hałasu.

LEGENDA:

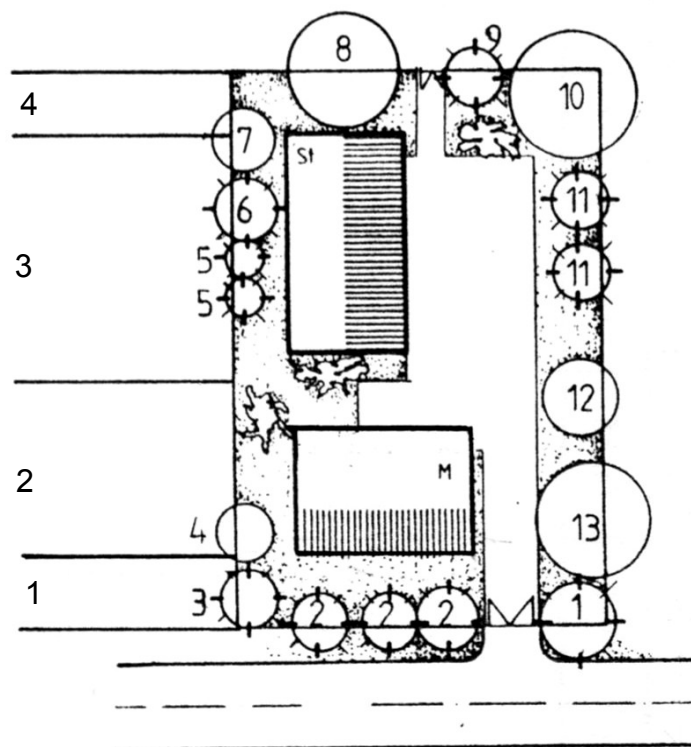
- P - punkt środkowy działki
 - D1 - droga pozornego ruchu Słońca dla 21 VI (szerokość geograficzna 52° N; azymut wsch. -130° , zach. $+130^{\circ}$)
 - D2 - droga pozornego ruchu Słońca dla 21 XII (szerokość geograficzna 52° N; azymut wsch. -40° , zach. $+40^{\circ}$)
 - Lzs - minimalna odległość przeszkody zaciniającej od nasłonecznionej ściany domu w południe słoneczne 21 XII
 - α - obszar o dostępie bezpośredniego promieniowania słonecznego, kąty 40° odpowiadają azymutom Słońca o godz. 9 i 15 21 XII, szerokość geograficzna 52° N
- * przeważające kierunki wiatru wg Radomskiego, 1987

0 5 10m



Rys. 44. Studium projektowania zieleni na działce [29]

W wyniku przyjętego sposobu projektowania można uzyskać zazielenienie działki pozwalające utrzymać sprzyjający mikroklimat oraz zabezpieczyć działkę przed uciążliwościami od strony drogi (rys. 45).



Rys. 45. Projekt zieleni modelowej działki:
 1 - strefa izolacyjno-ozdobna,
 2 - mieszkalno-wypoczynkowa,
 3 - komunikacyjno-gospodarcza,
 4 - izolacyjno-użytkowa,
 M - dom mieszkalny,
 St - budynek magazynowo-składowy.
 Oznaczenia zieleni zgodne z tabelą 10 [30]

Wprowadzone elementy zieleni, oprócz funkcji podstawowych, mogą spełniać funkcje dodatkowe, np. produkują fitocydy, jonizują powietrze, doświetlają poprzez odbicie światła oraz przedstawiają sobą lub w zespole ciekawą formę, wpływając na pozytywne wrażenia estetyczne (tab. 10).

Tab. 10. Zestawienie zieleni wysokiej na projektowanej modelowej działce [30]

Gatunek	Ilość		Oznaczenie na działce	Średnica korony [m]	Wys. [m]	Funkcje izolacyjne zieleni wysokiej				Dodatkowe funkcje zieleni wysokiej			
	iglaste	liściaste				wiatr	słońce	pył	hałas	produkcja fitoncydów	jonizacja powietrza	albedo (odbicie)	ciekawa forma
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Cis <i>Taxus</i>	3	-	2	5	6	-	+	+	+	+	+	+	-
Świerk <i>Picea</i>	6	-	1	6	12	+	-	+	+	-	+	-	-
			9*	4	7	+	-	-	-	+	+	-	-
			6	5	8	-	+	-	-	+	+	-	+
			11	5	8	+	+	-	-	+	+	-	-
			3	5	10	+	-	+	+	+	+	-	-
Tuja <i>Thuja</i>	2	-	5	2	3	-	+	-	-	-	-	-	
Jesion <i>Fraxinus</i>	-	2	8*	10	15	+	+	-	-	-	-	-	-
			12	8	10	+	+	-	-	-	-	-	+
Głóg <i>Crataegus</i>	-	1	7	5	7	-	+	-	-	-	-	-	+
Brzoza <i>Betula</i>	-	1	4	5	10	-	-	-	-	-	+	-	+
Buk <i>Fagus</i>	-	2	10*	10	15	+	+	-	-	-	+	-	+
			13	10	15	+	-	-	-	-	+	-	+
RAZEM	11	6	-	-	-	8	8	3	3	5	9	1	6

- do modelowania przyjęto korony drzew o średnicach od 2-10 m

* (zamiennie z drzewami owocowymi)

Zieleń na działce projektowanej stanowi 53% powierzchni, w tym ok. 40% to zieleń wysoka. Przyjęta metoda projektowania zwiększa systematycznie oraz proporcjonalnie do rosnącej powierzchni działki ilość zieleni wysokiej. Wzrost powierzchni działki o każde 0,1 ha, powinien zwiększać powierzchnię zieleni wysokiej na działce o 0,01 ha. Odpowiada to około 2 drzewom [30].

4. Projektowanie zieleni przydrożnej

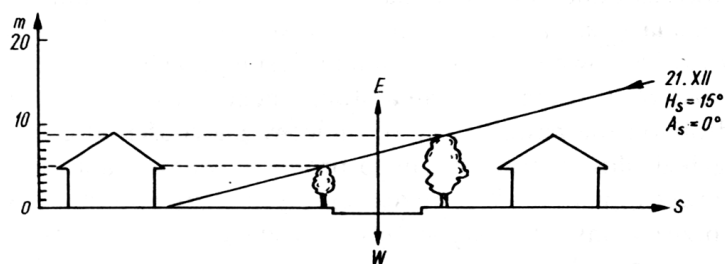
4.1. Kształtowanie zieleni ciągu komunikacyjnego

Wraz ze wzrostem znaczenia transportu samochodowego wzrosło zanieczyszczenie środowiska w postaci: zanieczyszczeń gazowych (spaliny), pyłowych (m.in. starte okładziny hamulcowe i ogumienie), zanieczyszczeń środkami chemicznymi, hałasu i wibracji. Miasta, osiedla podmiejskie i wsie nie są przygotowane do tych warunków. Budynki mieszkalne zlokalizowane są blisko drogi, co prowadzi do ich niszczenia, ponieważ znajdują się w zasięgu drgań. Jednak przeprowadzone badania wykazują, że można doprowadzić do redukcji wielu uciążliwości ze strony dróg, poprzez wprowadzenie zazielenienia [39].

4.1.1. Lokalizacja

Projektowanie zieleni przydrożnej poprzedza analiza lokalizacyjna określająca: warunki geograficzne, zróżnicowanie rzeźby terenu, przeważające wiatry, istniejącą infrastrukturę i zadrzewienie oraz natężenie ruchu, w tym udział samochodów ciężarowych.

Przy kierunku wschód-zachód droga powinna być zazieleniana od strony południowej. Związane jest to z zacienieniem, ponieważ zieleń wysoka może zaciemniać znaczną część działki, utrudniając np. wzrost innych roślin lub możliwość korzystania z ekologicznych źródeł ogrzewania zacienianej działki (rys. 46). Zieleń wysoka od strony południowej drogi zacienia jezdnię, przez co obniża jej temperaturę.



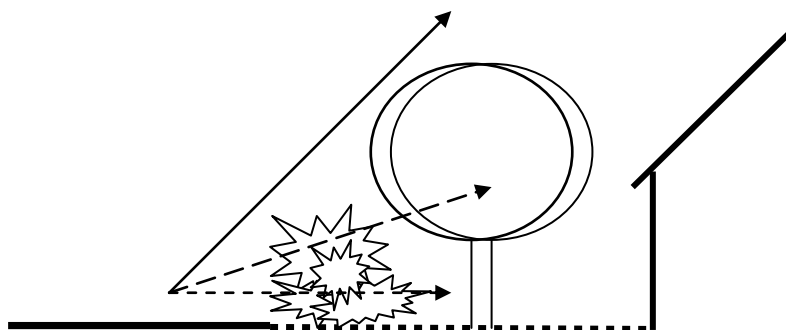
Rys. 46. Rozmieszczenie zieleni przy ulicy o osi wschód-zachód (E-W) [21]

Przy kierunku drogi północ-południe, drzewa należy nasadzać po stronie zachodniej, co zmniejsza możliwość oślepienia kierowców w godzinach popołudniowych, zmniejsza temperaturę jezdni oraz obniża prędkość wiatrów. Zapobiega to zawiewaniu dróg przez śnieg w okresie zimowym. Droga, która wiedzie wzdłuż

zbocza powinna być zadrzewiona od strony doliny. Stanowi ona dodatkowo zabezpieczenie dla kierowców w razie zjechania z jezdni w kierunku skarpy.

4.1.2. Akustyczne działanie zieleni

Zieleń skutecznie zabezpiecza przed nadmiernym hałasem pod warunkiem, że jest odpowiednio formowana. Najlepszą skuteczność ma taki układ, w którym są dwa pasma zieleni. Jedno składa się z dużych drzew liściastych gęsto nasadzonych. Drugie pasmo zbudowane jest z gęstych krzewów formowanych w żywopłoty i znajduje się przed pasmem wysokim. Gęste żywopłoty doskonale uzupełniają przestrzeń między ziemią a koronami wysokich drzew (rys. 47).



Rys. 47. Dobra izolacyjność zieleni osiągnięta poprzez dwurzędowe i dwupoziomowe nasadzenia. Od strony drogi krzewy o wys. 2 m gęsto posadzone, w drugim rzędzie zieleń wysoka

Zwiększając szerokość takiego wielopoziomowego rozwiązania, znacznie zwiększa się skuteczność obniżania poziomu hałasu. Takie szczelne pasma izolacyjne mogą jednak powodować słabsze przewietrzanie, co z kolei wiąże się z dłuższym utrzymywaniem się tam spalin, a także z miejscowymi zastoiskami zimnego powietrza. W związku z tym należy zaprojektować możliwość przewietrzania ciągu komunikacyjnego.

4.1.3. Pasma ruchu w ciągu komunikacyjnym

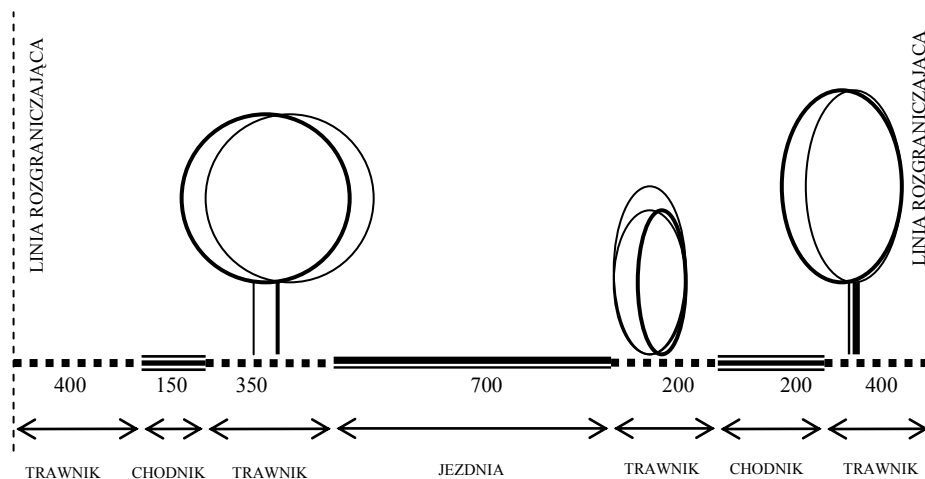
Drogi

Na terenach zabudowanych należy przyjąć, że większość dróg jest przelotowych (tranzytowych). Przeznaczone one są dla ruchu mieszanego, tzn. osobowego i transportu towarowego. Dla takiej drogi prędkość podstawowa wynosi 40-50 km/godzinę, a szerokość jezdni około 7 m. Jezdnia składa się z dwóch pasów ruchu o szerokościach 3,5 m. Szerokość drogi w liniach rozgraniczających wynosi około 25 m. Chodniki i pasy zieleni można projektować od strony zabudowy.

Poszczególne elementy drogi powinny posiadać następujące wymiary:

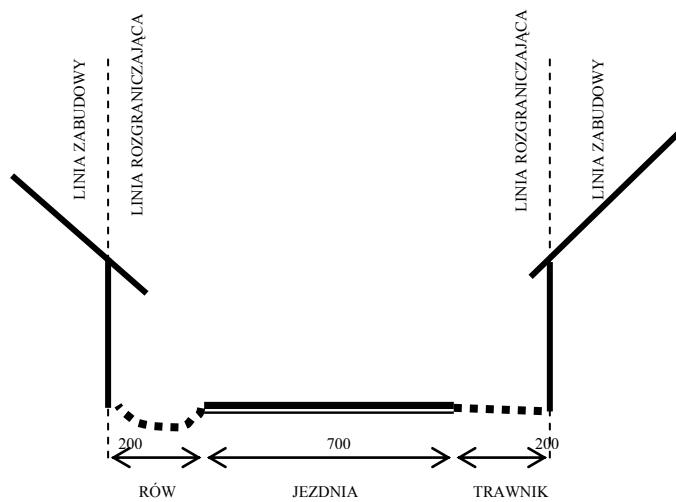
- pasma zieleni – wymiar minimalny 3 m,
- chodniki – projektowane przy krawężniku 2 m, w innych przypadkach 3 m,
- pasy postojowe wzdłuż jezdni – do parkowania wzdłużnego 2,5 m, do parkowania prostopadłego lub ukośnego 5,0 m.

Droga jest umocnionym pasem terenu, przeznaczonym dla ruchu pojazdów kołowych. Pas taki składa się z jezdni, pobocza, rowu, pasa ochronnego, itd. Na rysunku 48. przedstawiono zalecany przekrój drogi.



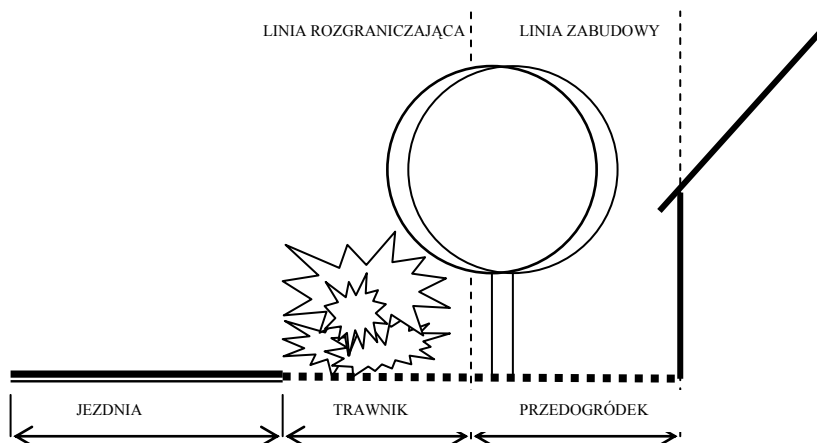
Rys. 48. Zalecane pod kątem możliwości wprowadzenia zieleni szerokości poszczególnych elementów pasa drogi

Przy tak przyjętym układzie drogi istnieje możliwość wprowadzenia pasa zieleni o szerokości około 3 m. Niestety wiele dróg jest zbyt wąskich, a linia zabudowy pokrywa się z linią rozgraniczającą (rys. 49). W takich przypadkach zasłania się budynki ekranami wykonanymi z elementów żelbetowych, paneli stalowych wyciszanych wełną mineralną lub z przezroczystych tworzyw sztucznych (poliwęglan), które nie wymagają dużych powierzchni do montażu [31].



Rys. 49. Przekrój przez drogę, w którym linie rozgraniczające L_R pokrywają się z liniami zabudowy L_Z

W skład pasmowego zazielenienia przydrożnego można włączyć zadrzewienie działek siedliskowych, występujące w bezpośrednim sąsiedztwie ogrodzenia (rys. 50). Uformowany w parterze żywopłot może być utworzony z krzewów o dużej sztywności. W tym celu wykorzystuje się m.in. takie rośliny jak: klon polny, grab, cis, ligustr, berberys czy bukszpan.



Rys. 50. Zieleń należąca do działki siedliskowej tworzy z zielenią przydrożną zwarty pas izolacyjny

Odległość pomiędzy nasadzeniami powinna być dostosowana do wielkości korony drzew (odległość nasadzeń od kilku do kilkunastu metrów), wjazdów na działki, zatok samochodowych, parkingów, skrzyżowań oraz do wysokości sąsiadujących z zielenią zabudowań.

Drzew płasko korzeniących się, jak np. brzoza, nie projektuje się przy drogach, ponieważ utrudniają wzrost innych roślin, szczególnie w okresach suchych. Drzewa przydrożne muszą cechować się szczególną odpornością na uciążliwość ruchu kołowego. Do grupy takich drzew możemy zaliczyć m.in.: dęby, graby, topole, lipy, kasztanowce, klony. Obsadzeń drzewami owocowymi, tak kiedyś powszechnymi już się nie stosuje, ponieważ mają małą odporność na szkodliwe oddziaływanie spalin i kurzu, mają krótką żywotność, są łamliwe oraz mają małe wartości plastyczne.

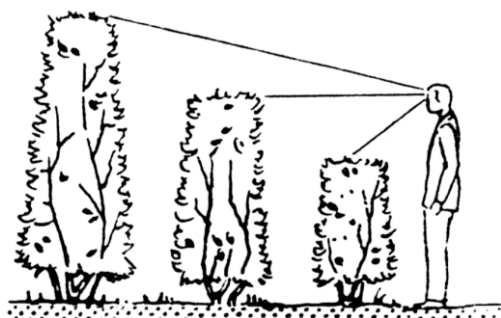
W szczególnym przypadku można zastosować drzewa owocowe. Przy formowaniu nowego zadrzewienia można najpierw sadzić drzewa owocowe o szybkim wzroście (wiśnie, śliwy, czereśnie, morwy, jabłonie) po 5-8 sztuk w ciągu, a przerwę między ciągami uzupełnić gatunkiem trwałym. Po pewnym czasie usuwa się drzewa owocowe, pozostawiając jedynie efektowne trwałe zazielenienie.

Chodniki

Szerokość chodnika powinna być dopasowana do jego wykorzystania, ale minimalna szerokości to 1,5 m. Chodniki powinny być ulokowane obok pasa zieleni. Jeżeli jest to pas samej trawy, to jego minimalna szerokość powinna wynosić 60-70 cm, a minimalna szerokość pasa zadrzewionego 2,5 m. Jeżeli nie ma miejsca na posadzenie drzew, to powinno się posadzić żywopłot. Powinien on być formowany w długie pasma. Nie należy stosować nasadzeń w pojedynczych, odległych od siebie kępach, ponieważ nie będzie stanowił to zbyt wartościowej osłony przed hałasem i kurzem, które wytwarzane są w największej intensywności przy samej jezdni. Gęsty żywopłot doskonale zabezpiecza też przed nagłym wtargnięciem dzieci na jezdnię, a dodatkowo wygląda estetycznie i wywołuje poczucie ładu i harmonii (rys. 51a-b).



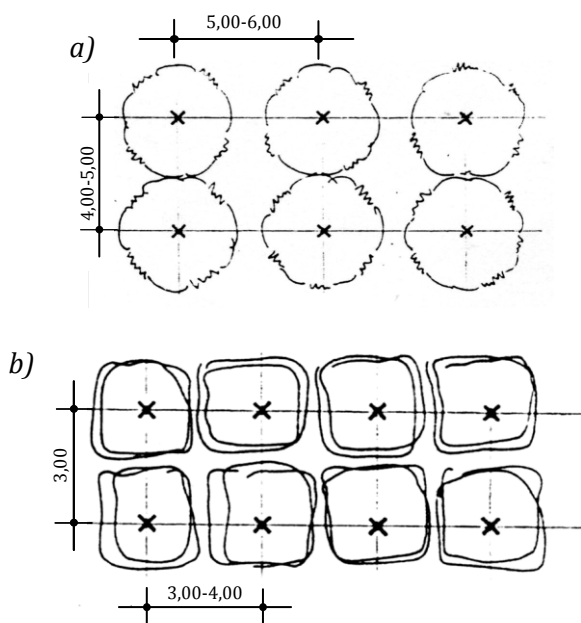
Rys. 51a. Żywopłoty w strefie przydrożnej: strzyżone



Rys. 51b. Żywopłaty w strefie przydrożnej: dobór wysokości w zależności od zastosowania

Podobne efekty można uzyskać tworząc aleję, pośrodku której przebiega chodnik. W zależności od tego jak dużym pasem wolnej przestrzeni dysponujemy, możemy uformować aleję na dwa sposoby:

- a) drzewa o koronach naturalnych
- b) drzewa o koronach formowanych (rys. 52).



Rys. 52. Rozstaw drzew w kompozycji alejowej: a) drzewa o koronach naturalnych, b) drzewa o koronach formowanych

Korony formowane wymagają większej dbałości ze strony człowieka, ale dzięki temu zajmują mniej miejsca i można je zastosować nawet na bardzo wąskich pasach przydrożnych.

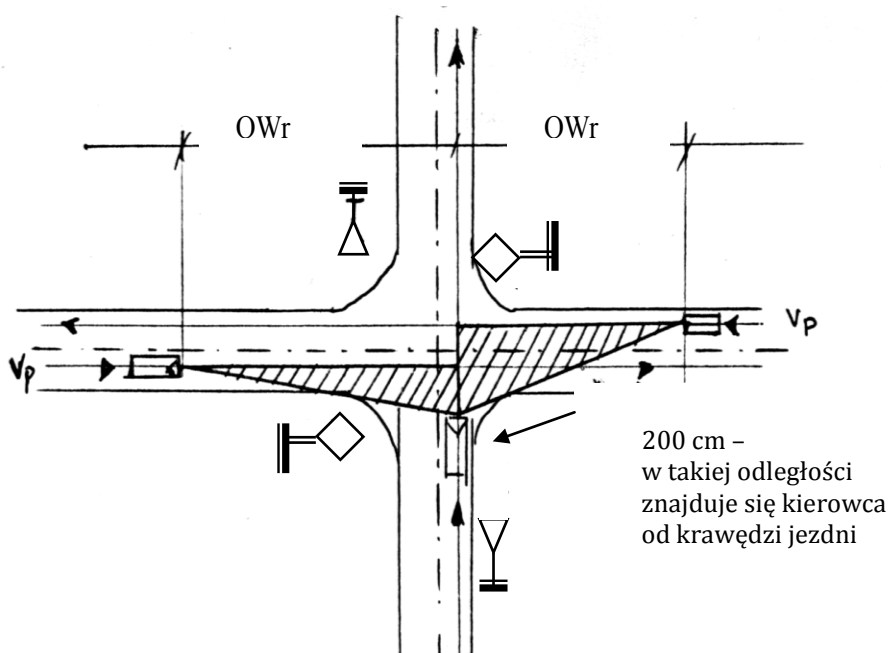
4.1.4. Widoczność na skrzyżowaniach i wjazdach na działki

Widoczność na skrzyżowaniach dróg samochodowych lub drogi z ciągiem pieszo-jezdnym o charakterze wyjazdu bramowego, zależy od tzw. trójkąta widoczności. Pozwala on określić przestrzeń, która nie może być zasłonięta żadną roślinnością. Minimalne odległości odcinka widoczności (OWr) podane są w tabeli 11.

Tab. 11. Zalecane odległości odcinka widoczności (OWr) przy skrzyżowaniach

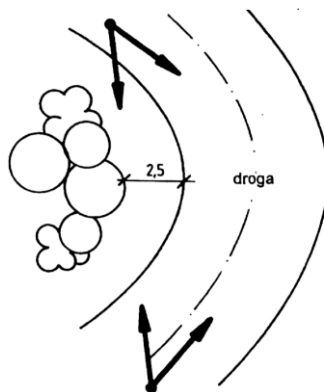
Szerokość jezdni	6,0-7,0 m		
	40	60	70
VPn prędkość na drodze [km/h]	40	60	70
samochód osobowy	50	75	85
samochód ciężarowy, autobus	85	130	150
samochód ciężarowy + przyczepa	110	165	195

Rysunek 53. przedstawia strefy, które nie powinny być zasłaniane przez drzewa, krzewy oraz domy.



Rys. 53. Strefy widoczności na skrzyżowaniu z drogą podporządkowaną

Z prawej strony długość strefy wynosi około 25 m, z lewej natomiast około 35 m. Należy jednak pamiętać, że widoczność znacznie się poprawia, gdy szpaler zieleni przydrożnej jest odsunięty od krawędzi jezdni (rys. 54).



Rys. 54. Minimalne odległości zieleni przy łuku drogi [3]

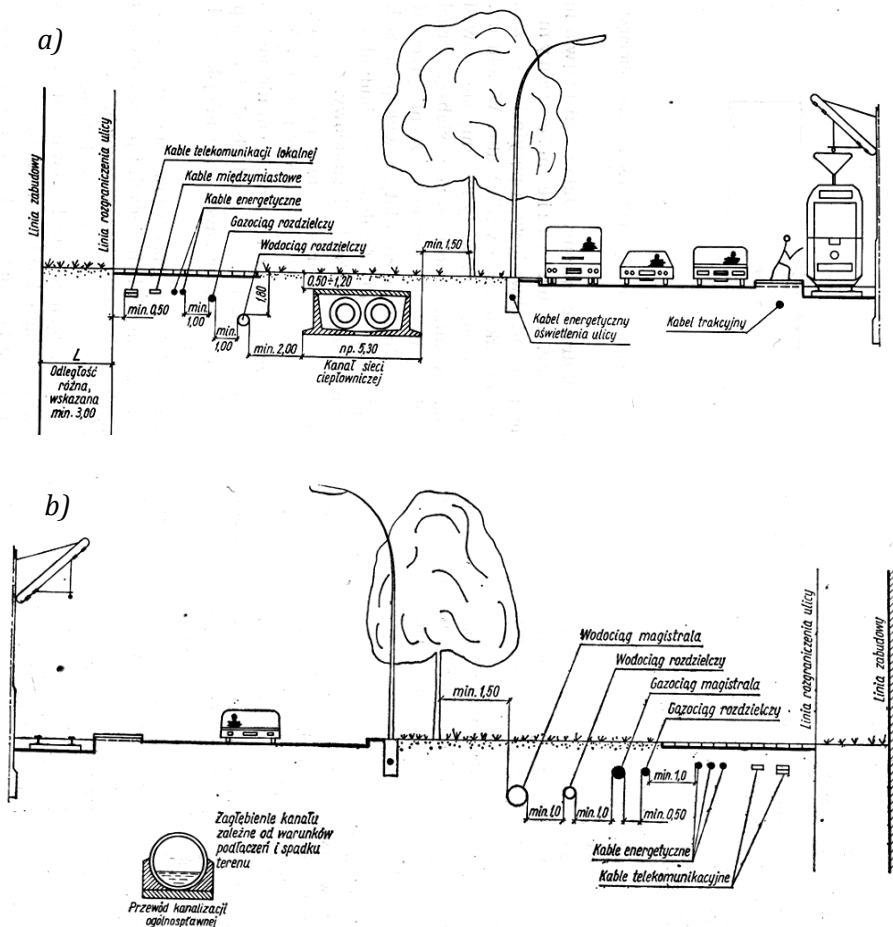
4.1.5. Infrastruktura techniczna w obrębie ulicy

Drogi mogą być uzbrojone w różnego rodzaju instalacje, do których zalicza się instalacje: kanalizacyjną, elektryczną, wodociągową, gazową, telekomunikacyjną. W tabeli 12. przedstawione zostały odległości sadzenia drzew i krzewów od instalacji podziemnych [39].

Tab. 12. Zalecane minimalne odległości zieleni od elementów infrastruktury technicznej podziemnej

Rośliny	Dopuszczalne odległości [w metrach] od				
	lica murów	przewodów			krawędzi jezdni
		kanalizacyjnych	wodociągowych	gazowych	
Drzewa o szerokości korony [m]:					
powyżej 9	6,5-9	2,5	2	5	1
6-8	5-7	2,5	2	3	1
4-5	4	2	1,5	2,5	1
krzewy	3-6	1,5	1-1,5	1-2	3

Na rysunku 55. przedstawiono schemat rozmieszczenia elementów infrastruktury technicznej w przekroju ulicy z uwzględnieniem zalecanych odległości przewodów podziemnych od zieleni oraz między sobą z uwzględnieniem fragmentów działek budowlanych.



Rys. 55. Przykład rozmieszczenia przewodów podziemnych w przekroju ulicy:
a) lewa strona ulicy, b) prawa strona ulicy [16]

Przy liniach napowietrznych odległość przewodów od każdego punktu korony drzewa, przy bezwietrznej pogodzie powinna wynosić co najmniej [5]:

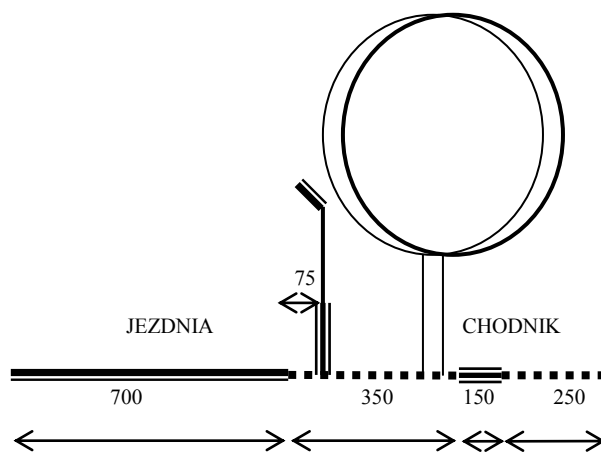
- w miastach, osiedlach i wsiach 1 m,
- w miejscowościach podmiejskich oraz poza terenami osiedli i wsi 2 m,
- w parkach i sadach przy przewodach izolowanych 0,5 m
- oraz w parkach i sadach przy przewodach nieizolowanych 1 m.

Przy przewodach kablowych odległość od drzew wzdłuż drogi powinna wynosić co najmniej 2 m. Należy pamiętać także o tym, aby gałęzie nie kolidowały z linią wysokiego napięcia. Powinna być ona zlokalizowana blisko ulicy, natomiast drzewa skrajnie daleko, oczywiście w ramach zielonego pasa przydrożnego (rys. 56).



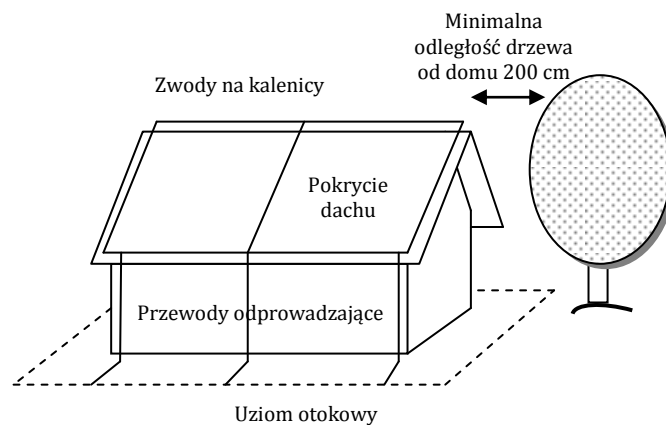
Rys. 56. Drzewo niszczone przez bliskie sąsiedztwo przewodów elektrycznych [5]

Podobnie jest z oświetleniem ulicy. Przy gęsto zadrzewionej ulicy dopuszcza się wysokość lampy mniejszą niż 4 m (rys. 57).



Rys. 57. Wskazane odległości zieleni wysokiej od oświetlenia ulicznego

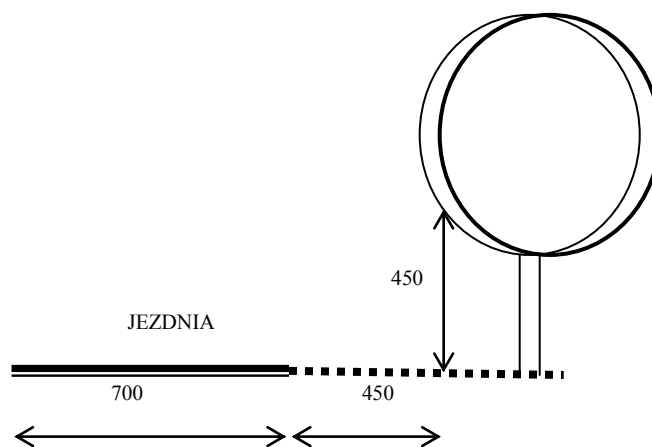
W czasie wyładowań atmosferycznych może dojść do uderzenia pioruna w drzewo, szczególnie gdy jest wyższe niż dom, przy którym rośnie. Jeżeli skrajne gałęzie są bliżej niż 2 m od ściany domu, na którym są elementy metalowe, np. takie jak klimatyzator, to pomimo istniejącej instalacji odgromowej na budynku może nastąpić przeskok ładunku elektrycznego do tego elementu (rys. 58).



Rys. 58. Przeskok ładunku elektrycznego na skutek zbyt małej odległości gałęzi od budynku

4.1.6. Skrajnia

Przez skrajnię należy rozumieć maksymalną wysokość pojazdów z ładunkiem, wynosi ona 4,5 m. Na obszarach zabudowanych gałęzie drzew mogą być przycięte tuż ponad skrajnię. Niestety na drogach o dużym natężeniu ruchu, czyli na drogach przelotowych, drzewa powinny być oddalone na taką odległość, aby skrajny punkt korony spełniał warunki skrajni w poziomie i w pionie (rys. 59).



Rys. 59. Sposób wyznaczenia skrajni

4.2. Studium projektowe

Studium obejmuje projekt zazielenienia pasa drogi osiedlowej z uwzględnieniem ciągów komunikacyjnych, działek z domami mieszkalnymi, infrastruktury technicznej oraz wymóg zakresu widoczności przy wyjeździe z działki. Przyjęto 5 różnych wariantów – z różnymi szerokościami poszczególnych elementów drogi. Na rysunku 60. przedstawiono najkorzystniejszy wariant (nr 5), w którym obok drogi poprowadzono chodniki i pasy zieleni. Zaprojektowano zielen wielopoziomową, dwurzędową w powiązaniu z zielenią na działkach mieszkaniowych.

Dla opracowanych wariantów wyliczono zanieczyszczenie powietrza tlenkami azotu, tlenkiem i dwutlenkiem węgla oraz zapylenie w postaci pyłu zawieszonego i opadu pyłu, a także poziom hałasu. Obliczenia przeprowadzono dla występującego na drogach osiedlowych natężenia ruchu pojazdów dochodzącego do 4 tys. pojazdów na dobę.

Na podstawie występujących zanieczyszczeń powietrza oraz hałasu przeprowadzono analizę skuteczności projektowanego zazielenienia. Obniżenie poziomu hałasu i zanieczyszczeń powietrza wyliczono dla wszystkich wariantów. Na rysunku 61. przedstawiono wyniki dla wariantu 5. Dolna linia oznacza obniżenie zanieczyszczeń w okresie pełnego ulistnienia, a górna w okresie bezlistnym. Dla prawej strony drogi zaprojektowano szerszy pas zieleni, co pozwoliło na lepszą ochronę budynku mieszkalnego przed uciążliwością drogi. Dwutlenek węgla zredukowano o 22%, tlenek węgla o 37%, a hałas o około 50%. W okresie bezlistnym skuteczność ochrony projektowanej zieleni spada średnio o 13%.

Redukcję zanieczyszczeń przedstawiono graficznie dla poszczególnych wariantów przy zróżnicowaniu szerokości pasa drogi i zazielenieniu w stanie ulistnionym. Na rysunkach 62a-c. górna strzałka obrazuje redukcję zanieczyszczenia przez zielen do poziomu wartości normowej, liczoną od krawędzi jezdni, dolna stopień redukcji do ściany budynku mieszkalnego.

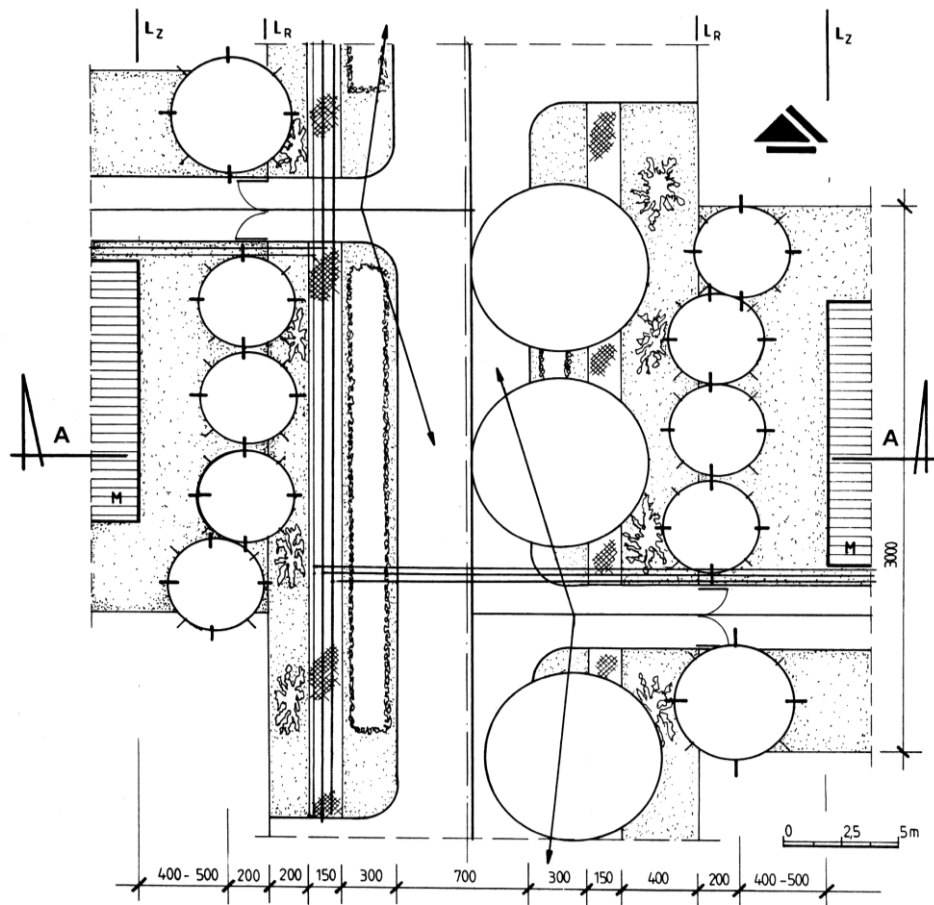
Zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza tlenkiem węgla (rys. 62a) w okresie ulistnienia zostało uzyskane w granicach od 21% do 37%, zaś w okresie braku liści od 15% do 28%. W wariantach 3. i 4. uzyskano wartości zbliżone do normy, natomiast w 5. wariantcie, osiągnięto poziom zanieczyszczenia około 30% poniżej normy. Przy drzewach ulistnionych redukcja hałasu (rys. 62b) przy ścianie domu pozwoliła osiągnąć normatywny poziom w 3. i 4. wariantcie po jednej stronie drogi, zaś w 5. wariantcie po obu stronach drogi. Redukcja wynosiła średnio 48%. W okresie zimowym, gdy główną rolę odgrywają jedynie drzewa iglaste, redukcja hałasu wynosiła 28%.

Normy dopuszczalnego zanieczyszczenia pyłami i tlenkami azotu (rys. 62c) w żadnym z wariantów nie zostały przekroczone, a jedynie zbliżone do granicy normy w pierwszym wariantcie. Redukcja tlenków azotu i pyłów zawieszonych w poszczególnych wariantach wynosiła od 14% do 26% w okresie ulistnienia i od 7% do 13% w okresie bezlistnym. W przypadku opadu pyłów obniżono zanieczyszczenie w granicach od 16% do 29% w okresie ulistnienia oraz od 8% do 16% w okresie bezlistnym. Redukcję dwutlenku węgla osiągnięto na poziomie od 11% do 22% przy ulistnieniu i od 7% do 13% przy braku liści.

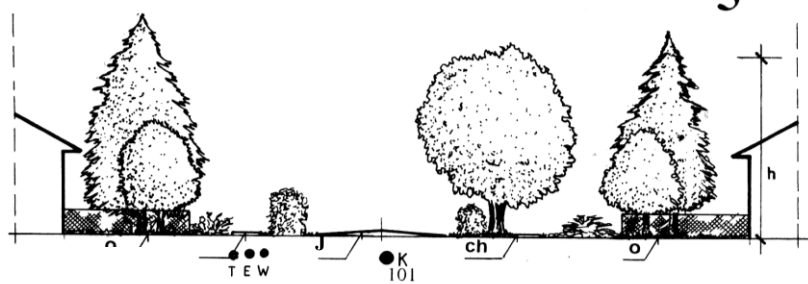
Modelowe rozwiązania zazielenienia pasa na styku drogi i działki wykazały ilościowe zależności natężenia hałasu, opadu pyłów oraz zawartości tlenu i dwutlenku węgla, tlenków azotu i pyłów zawieszonych w powietrzu od szerokości tego pasa, gatunków drzew i krzewów, a także okresu ulistnienia.

Najbardziej zrównoważony model zagospodarowania zieleni otrzymano w 5. wariantcie. Dzięki dużej szerokości pasa zieleni uzyskano w okresie ulistnienia wartości natężenia hałasu i zanieczyszczenia powietrza poniżej obowiązujących norm.

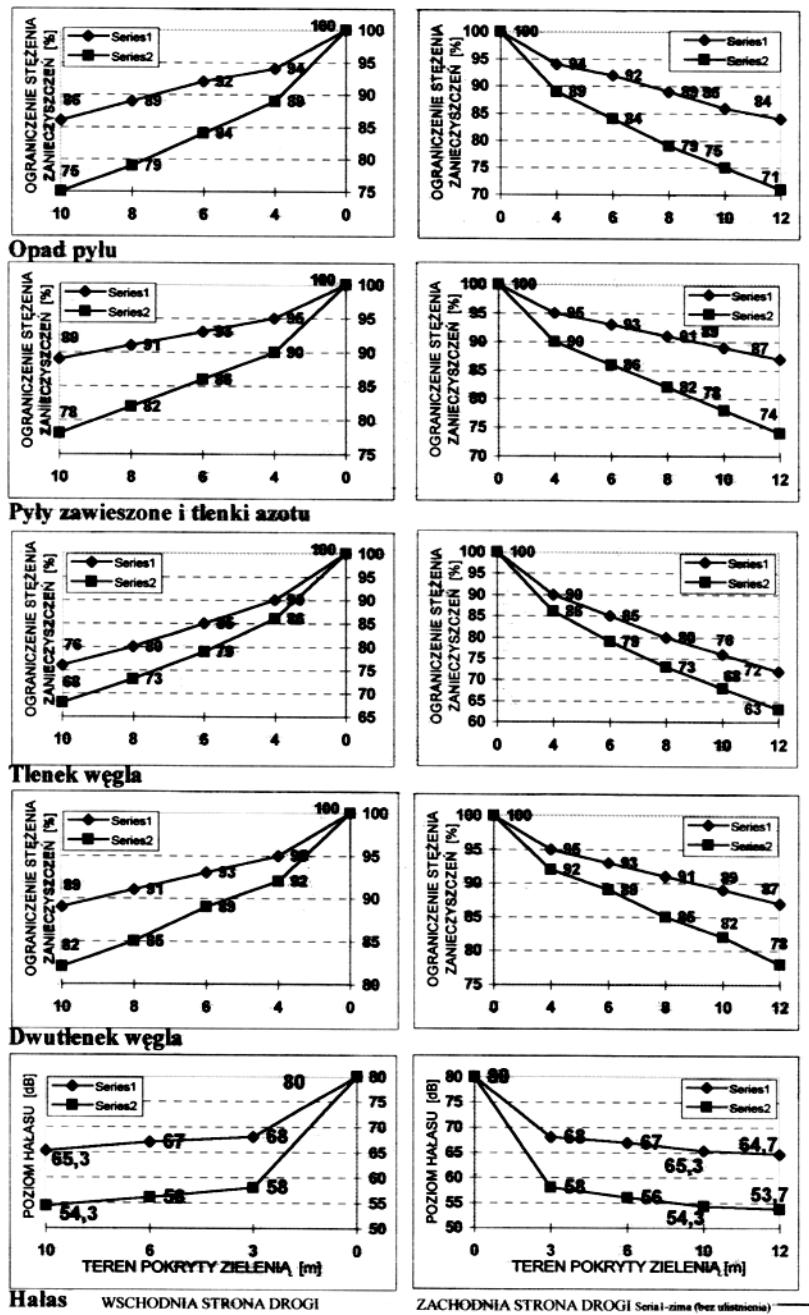
Analiza pięciu rozwiązań wariantowych pozwala na stwierdzenie, że zrównoważone zagospodarowanie zieleni na działkach mieszkaniowych i w pasie przydrożnym poprawia warunki życia mieszkańców osiedli. Konieczne są jednak pewne uwarunkowania, ażeby modele można było zastosować m.in. zapewnienie szerokości pasa drogi powyżej 15 m i odsunięcie linii zabudowy od granicy działki co najmniej do 6 m. Wskazane byłoby również odejście od tradycyjnego usytuowania budynku mieszkalnego przy drodze na korzyść odsunięcia go w głąb działki. Jako ekran mógłby posłużyć budynek gospodarczy np. magazynowo-garażowy. Ze względu na uciążliwość drogi korzystniejszy jest układ budynku szczytowy, a nie kalenicowy, ponieważ narażona jest wówczas na hałas i zanieczyszczenia krótsza ściana. Należałoby również zwiększyć udział w pasie zieleni izolacyjnej gatunków iglastych, co pozwoli zmniejszyć różnice pomiędzy okresem bezlistnym i ulistnionym.



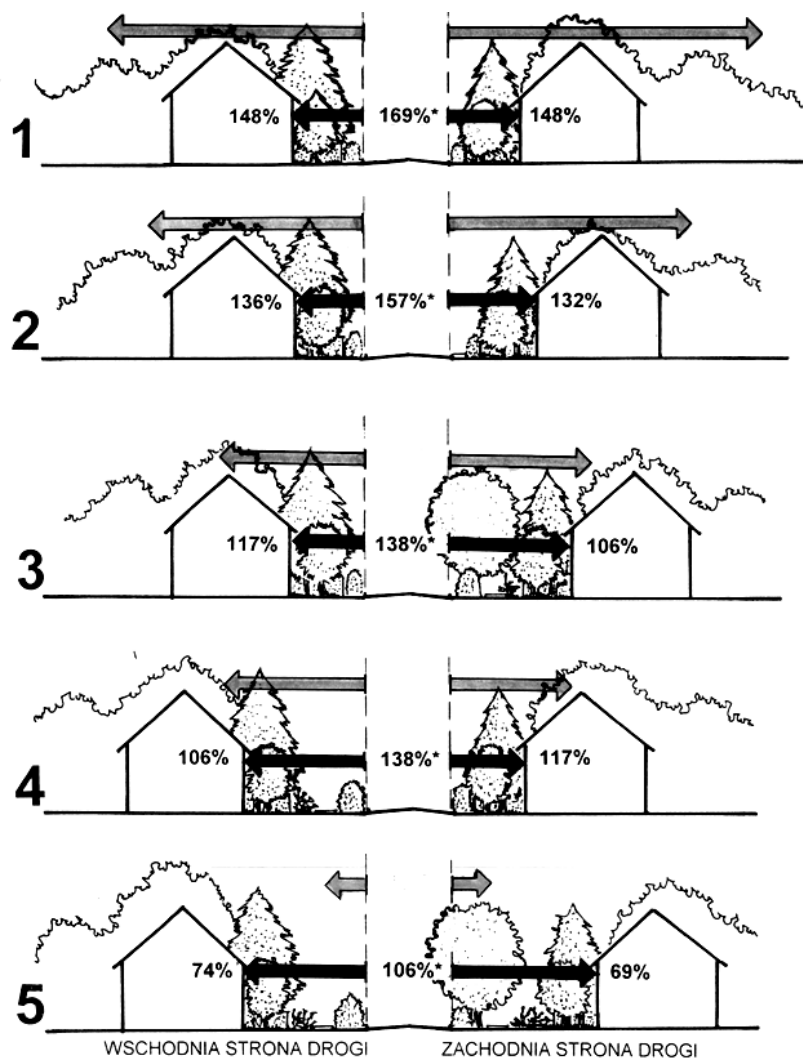
PRZEKRÓJ A-A



Rys. 60. Koncepcja projektowa zazielenienia pasa drogi osiedlowej:
 elementy infrastruktury: T – telekomunikacja, E – elektryczność,
 W – woda, K – kanalizacja, O – ogrodzenie,
 ch – chodnik,
 J – jezdnia

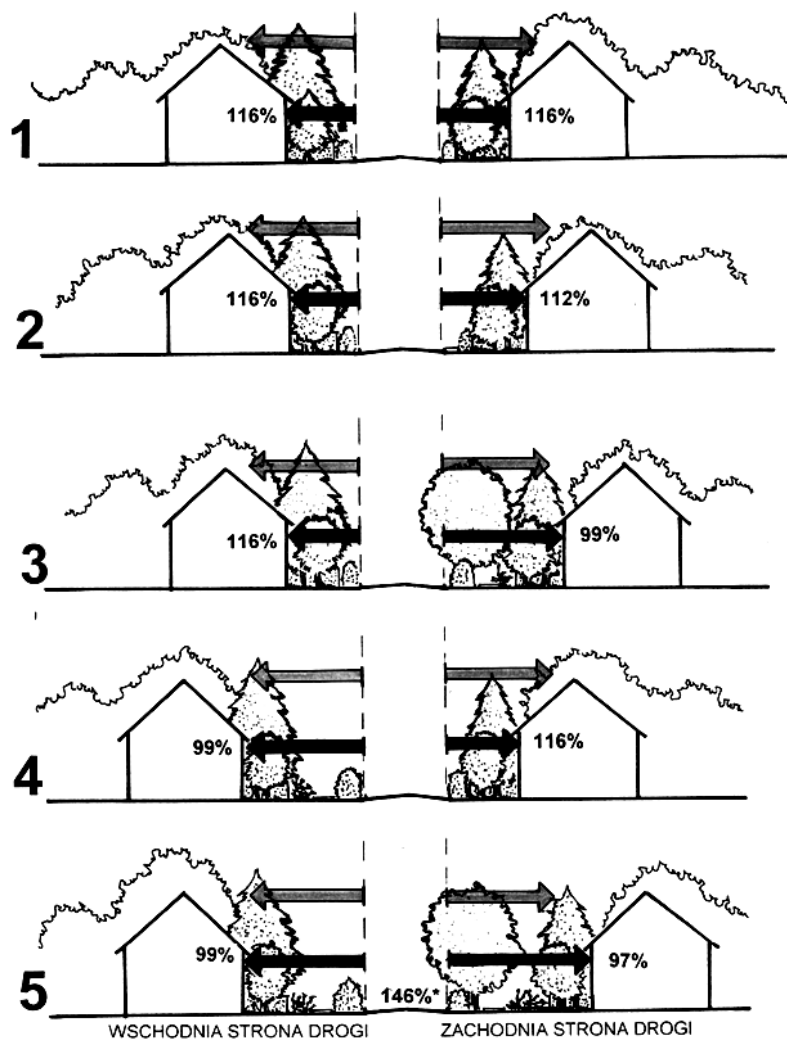


Rys. 61. Ograniczenie uciążliwości drogi w wyniku projektowanego zazielenienia (dla wariantu zazielenienia z rysunku 60), seria 1 – zima (bez ulistnienia), seria 2 – lato (z ulistnieniem)



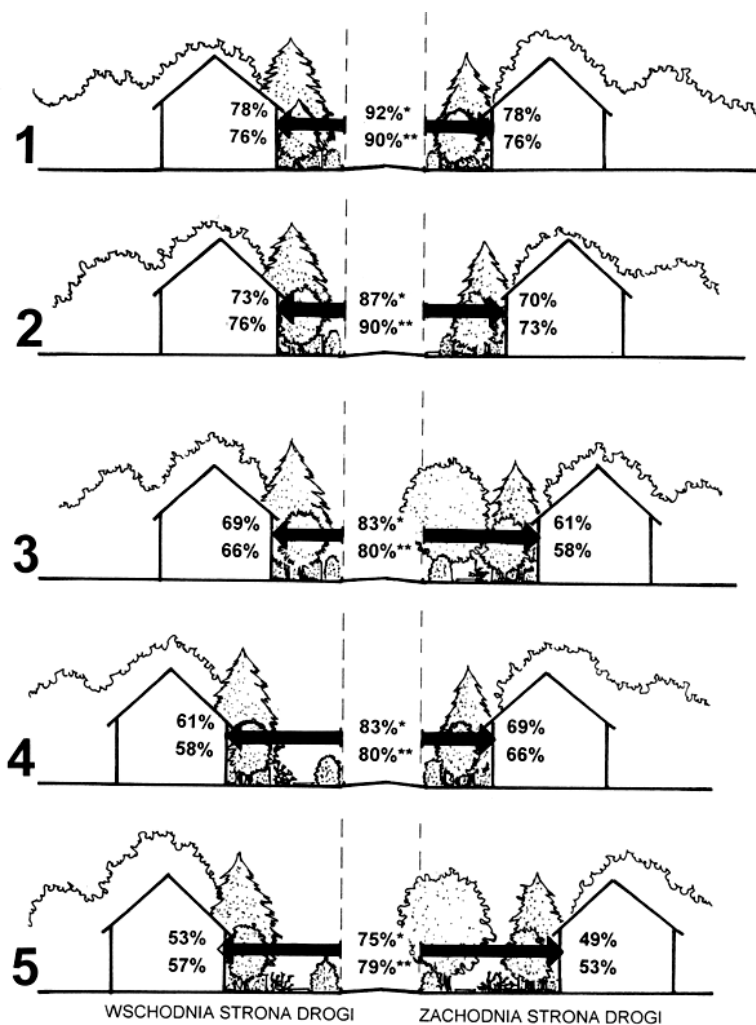
- LEGENDA: 1 - wariant rozwiązania
 * - poziom zanieczyszczenia powietrza tlenkiem węgla na skrajni jezdni podany w % wartości normowej. Poziom zanieczyszczenia tlenkiem węgla wg normy 1,0 mg/m³
- ← (czarna strzałka) stopień redukcji tlenku węgla przy ścianie budynku, podany w % wartości normowej
- ← (szara strzałka) stopień redukcji tlenku węgla dc wartości normowej

Rys. 62a. Redukcja tlenku węgla w pasie na styku drogi i działki dla rozwiązań modelowych przy 5 różnych wariantach zazielenienia w zależności od szerokości drogi



- LEGENDA:** 1 - wariant rozwiązania
 Poziom hałas na skraju jezdni 80 dB
 * - poziom hałasu podany w % wartości normatywnej, dopuszczalny (wg normy) 55dB
- ← stopień redukcji hałasu przy ścianie budynku, podany w % wartości normowej
- ← stopień redukcji hałasu do wartości normowej

Rys. 62b. Redukcja hałasu w pasie na styku drogi i działki dla rozwiązań modelowych przy 5 różnych wariantach zazielenienia w zależności od szerokości drogi



LEGENDA: 1 - wariant rozwiązania
 * - poziom zanieczyszczenia powietrza tlenkiem azotu na skraju jezdni podany w % wartości normowej. Poziom zanieczyszczenia tlenkiem azotu wg normy 0,1 mg/m³
 ** - poziom zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym na skraju jezdni podany w % wartości normowej. Poziom zanieczyszczenia pyłem zawieszonym wg normy 0,12 mg/m³

← stopień redukcji tlenku azotu i pyłu zawieszonego przy ścianie budynku, podany w % wartości normowej

Rys. 62c. Redukcja tlenku azotu i pyłów na styku drogi i działki dla rozwiązań modelowych przy 5 różnych wariantach zazielenienia w zależności od szerokości drogi

5. Ogród dla niepełnosprawnych

Zieleń dla osób niepełnosprawnych ma szczególne znaczenie, ponieważ osoby te mają często bardzo ograniczone możliwości poruszania się czy wykonywania prostych czynności. Jednocześnie powinny mieć możliwość częstego kontaktu z naturą, szczególnie w przypadku, gdy można urządzić ogród przy domu.

Ogród powinien być tak zorganizowany, aby praca była jak najłatwiejsza do wykonania. Należy przystosować rozplanowanie ogrodu do możliwości ogrodnika, czyli zakresu prac, które może samodzielnie i bez większego wysiłku wykonać. Sadzone rośliny nie powinny wymagać nadmiernej pielęgnacji [44].

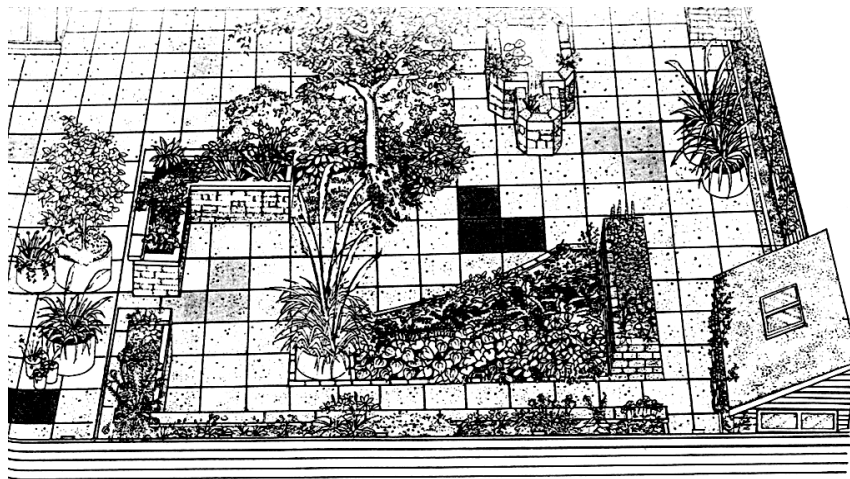
Ogród musi być dostępny, nie może być zorganizowany na kilku poziomach, ponieważ jest to utrudnienie dla osób poruszających się na wózkach inwalidzkich lub mających trudności z chodzeniem. Wszelkie różnice wysokości, o ile są konieczne, należy pokonywać łagodnymi podjazdami.

Rabaty kwiatowe muszą być podniesione i na tyle wąskie, aby można było bez konieczności zmiany pozycji wykonać wszelkie czynności.

Materiał roślinny w ogrodzie należy dobrać pod kątem osoby niepełnosprawnej oraz innych osób, które będą zajmowały się ogrodem.

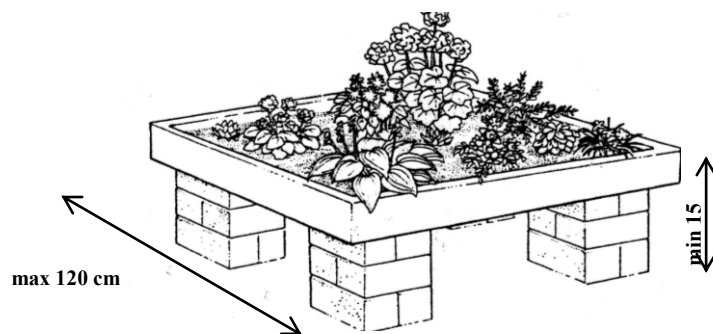
Osoby niepełnosprawne muszą poruszać się po nawierzchniach utwardzonych, lekko porowatych o szerokości 90-120 cm. Zaleca się nawierzchnie z betonu lanego lub płytek betonowych na dobrze utwardzonym podłożu, co zapobiegnie osiadaniu nawierzchni. Nie należy stosować nawierzchni z cegieł klinierowych, kamionkowych, kostek kamiennych czy klocków drewnianych, ponieważ są śliskie.

W ogrodzie większość nawierzchni musi być utwardzona, natomiast nawierzchnie trawiaste ogranicza się do minimum. Wynika to z konieczności częstego ich koszenia i małej twardości podłoża (rys. 63). Przestrzenie między elementami nawierzchni prefabrykowanych nie powinny być większe niż 0,5 cm.



Rys. 63. Fragment ogrodu dla niepełnosprawnych z utwardzoną nawierzchnią i licznymi gazonami kwiatowymi [44]

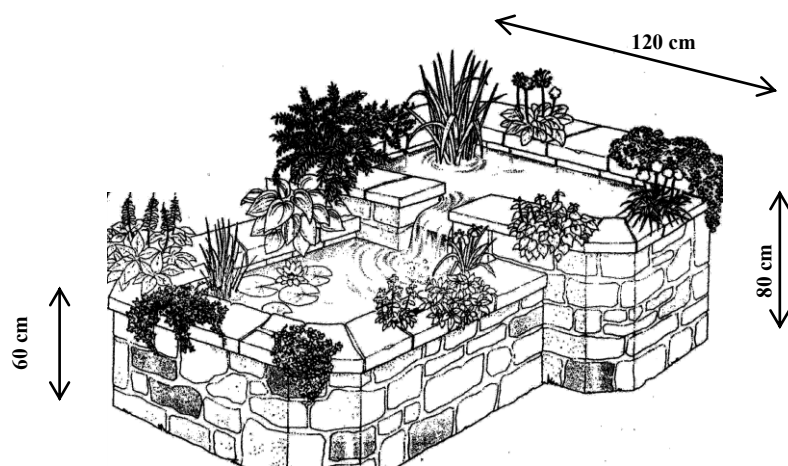
W ogrodzie można umieścić klomby wyniesione na wysokość minimum 15 cm, ale im wyższy klomb, tym bardziej ograniczony wybór roślin. Klomby z dostępem z jednej strony mogą mieć szerokość 60 cm, natomiast z obu stron – 120 cm (rys. 64). Przy każdym klombie należy zainstalować punkt wodny oraz miejsce na narzędzia.



Rys. 64. Klomb kwiatowy z dostępem z każdej strony [44]

Zieleń wysoka nie powinna wymagać przycinania, należy stosować także odmiany o niskim wzroście z przewagą zieleni zimozielonej. Drzewa i krzewy zrzucające liście mogą być przyczyną utrudnień w bezpiecznym poruszaniu się oraz utrzymaniu ogrodu.

W ogrodzie dla osoby niepełnosprawnej można budować sadzawki z roślinami wodnymi. Jednak wysokość sadzawki nie może być mniejsza niż 60 cm (rys. 65). Sadzawkę można wymurować lub obudować gotowe oczko wodne wykonane z tworzywa sztucznego.



Rys. 65. Sadzawka z roślinami wodnymi wykonana z materiału kamiennego [44]

6. Zieleń wskaźnikowa

W celu dokonania oceny właściwości siedliska ze względu na jego przydatność do nasadzeń zieleni, można posłużyć się wartością wskaźnikową roślin. Wartość wskaźnikową ze względu na rodzaje gruntów i warunki wodne mają te rośliny, które w stosunku do czynników ekologicznych dopuszczają wąskie przedziały tolerancji. Znajduje to odbicie w charakterystykach gatunków roślin, gdzie podaje się informacje o wymaganiach glebowych ze wskazaniem rodzaju gruntu lub warunków wodnych.

Na podstawie tych informacji, w tabeli 13. przedstawiono 136 gatunków roślin występujących w Polsce, łatwo rozpoznawalnych i użytecznych w badaniach geotechnicznych. Wartość wskaźnikową każdej wybranej w ten sposób rośliny zweryfikowano w terenie za pomocą wierceń kontrolnych oraz badań makroskopowych i laboratoryjnych [15].

Tab. 13. Alfabetyczny spis wybranych roślin wskaźnikowych dla różnych rodzajów gruntów i stosunków wodnych [15]

Lp.	Nazwa	Warunki wodne				Warunki gruntowe				
		podłoże suche	podłoże wilgotne	woda podziemna stojąca	woda podziemna płynąca	grunty rodzime				
						nieskaliste				grunty nasypowe (przemieszczane i nasypane)
						skaliste	mineralne			
spoiste (gliny, iły)	niespoiste (żwir, piasek)	organiczne (torfy, pyły)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Aster gawędka	*				*				
2.	Babka zwyczajna		*							
3.	Bagno zwyczajne		*	*					*	
4.	Bez czarny						*	*	*	
5.	Bniec czerwony		*							
6.	Bodziszek czerwony	*								
7.	Brzoza brodawkowata	*					*	*		*

8.	Brzoza omszona		*					*	
9.	Buk zwyczajny		*				*		
10.	Chaber bławatek								*
11.	Chrobotek leśny	*					*		
12.	Cykoria podróżnik								*
13.	Czeremcha zwyczajna		*	*	*				
14.	Dąbrówka kosmata	*							
15.	Dąb szypułkowy		*				*		
16.	Dziewanna pospolita	*					*		
17.	Dziewanna wielkokwiatowa						*		
18.	Dziurawiec skrzydełkowany		*	*					
19.	Dzwonek okrągłolistny					*	*		
20.	Fiolek polny						*		*
21.	Firletka poszarpana		*	*					
22.	Głóg dwuszyjkowy					*	*		
23.	Grab pospolity		*				*		
24.	Grażel żółty		*	*					
25.	Grzybień biały		*	*					
26.	Jałowiec pospolity	*					*		
27.	Jarząb pospolity	*							
28.	Jaskier rozesłany		*	*	*				
29.	Jasnota biała								*
30.	Jastrzębiec kosmaczek	*					*		
31.	Jesion wyniosły		*					*	
32.	Jeżogłówka gałęzista		*	*	*			*	
33.	Jeżyna właściwa		*				*		
34.	Jodła pospolita		*				*		
35.	Kalina koralowa		*				*		
36.	Kasztanowiec zwyczajny		*				*		
37.	Klon zwyczajny		*				*		
38.	Knieć błotna		*		*				
39.	Kocanki piaszkowe	*					*		

40.	Komosa wielkolistna								*
41.	Koniczyna biała								*
42.	Konwalijka dwulistna		*				*		
43.	Kosaciec żółty		*	*	*			*	
44.	Kozłek lekarski		*			*		*	
45.	Kruszyna pospolita		*						
46.	Krwawnica pospolita		*	*				*	
47.	Krwawnik pospolity	*							
48.	Krwiściąg lekarski		*	*					
49.	Kuklik zwisty		*	*					
50.	Lipa drobnolistna		*			*			
51.	Lipa wielkolistna		*			*			
52.	Lnica pospolita						*		*
53.	Łopian pajęczynowaty								*
54.	Łopian większy								*
55.	Macierzanka piaskowa						*		
56.	Mak piaskowy						*		
57.	Malina właściwa					*	*		
58.	Mięta nadwodna		*	*	*				
59.	Mięta polna		*	*	*				
60.	Mniszek pospolity							*	
61.	Modrzew europejski		*			*			
62.	Modrzewnica zwyczajna		*	*				*	
63.	Niezapominajka błotna		*	*	*			*	
64.	Okrężnica bagienna		*	*					
65.	Olsza czarna		*	*	*			*	
66.	Orlica pospolita		*				*		
67.	Orzech laskowy		*			*			
68.	Oset nastroszony								*
69.	Ostrożeń błotny		*	*				*	
70.	Ostrożeń łąkowy		*	*				*	
71.	Ostrożeń warzywny		*		*				

72.	Pałka szerokolistna		*	*					
73.	Parzydło leśne		*		*				
74.	Pieprzyca gruzowa	*							*
75.	Płonnik pospolity		*				*		
76.	Płucnica islandzka	*					*		
77.	Pływacz zwyczajny		*						
78.	Podbiał pospolity		*			*			
79.	Pokrzywa zwyczajna		*						*
80.	Popłoch pospolity								*
81.	Porzeczka czarna		*	*				*	
82.	Powój polny					*			*
83.	Przetacznik pagórkowy	*							
84.	Przytulia czepna					*			*
85.	Rdestnica kędzierzawa		*	*	*				
86.	Rdest ptasi						*		*
87.	Robinia biała	*							
88.	Rogatek sztywny		*	*					
89.	Rozchodnik ostry	*				*	*		
90.	Rumianek pospolity								*
91.	Rumian polny								*
92.	Rzepicha leśna		*	*					
93.	Rzpień pospolity								*
94.	Rzęsa drobna		*	*					
95.	Sadziec konopiasty		*	*	*				
96.	Sałata kompasowa					*			
97.	Siedmiopalecznik błotny		*	*	*			*	
98.	Sitowie leśne		*	*	*			*	
100.	Skrzyp błotny		*	*				*	
101.	Skrzyp polny		*		*				
102.	Sosna pospolita	*					*		
104.	Szałwia okrągowa	*							*
105.	Szczaw lancetowaty		*	*					

106.	Świerk pospolity		*				*		
107.	Świerzbica polna	*							
108.	Tasznik pospolity								*
109.	Tatarak zwyczajny		*	*	*				
110.	Topola biała		*	*	*		*		
111.	Topola czarna		*	*	*				
112.	Topola osika		*				*		
114.	Torfowiec błotny		*	*					*
115.	Trędownik bulwiasty		*	*					
116.	Trzcina pospolita		*	*	*		*		
117.	Trzmielina pospolita		*				*		
118.	Wełnianka szerokolistna		*	*					*
119.	Wiązówka błotna		*	*	*				*
120.	Wiąz szypułkowy		*	*	*		*		
121.	Widłoząb falisty							*	
122.	Wielosił błękitny		*						
123.	Wierzba biała		*						
124.	Wierzba krucha		*						
125.	Wierzbówka bladuróżowa		*		*				
127.	Wierzbówka kiprzyca							*	*
128.	Wietlica samicza		*						
129.	Wrotycz pospolity						*	*	*
130.	Wrzos zwyczajny							*	*
131.	Wyczyniec kolankowy		*	*	*				
132.	Wyka ptasia						*		
134.	Złocień właściwy	*							
135.	Żabiściek pływający		*	*	*				
136.	Żmijowiec zwyczajny	*							

7. Wskaźniki przydatności drzew i krzewów

Projektowanie i nasadzenie zieleni powinno być wykonane przy uwzględnieniu szeregu czynników, do których zalicza się m.in. warunki siedliskowe oraz warunki środowiskowe panujące w miejscu nasadzenia. Pierwszą grupę stanowi określenie cech klimatycznych (ściśle związanych z położeniem geograficznym), rodzaju gruntu, stosunków wodnych, nasłonecznienia itd. Druga natomiast oznacza warunki panujące w aglomeracjach miejsko-przemysłowych, w których wzrost roślin może być utrudniony albo wręcz niemożliwy. W warunkach zanieczyszczonego środowiska należy uwzględniać gatunki roślin odpornych i mało wrażliwych.

W tabeli 14. przedstawiono zestawienie wybranych gatunków drzew oraz krzewów przeznaczonych do stosowania na terenach miejskich i przemysłowych.

Objaśnienia do tabeli 14:

– **Przydatność dla siedliska** (kolumna 4-14)

- + mała
- ++ średnia
- +++ duża

– **Ocienienie** (kolumna 15)

- 1 – gatunki wytrzymujące zacienienie
- 2 – gatunki znoszące częściowe zacienienie
- 3 – gatunki wymagające światła

– **Wiatry** (kolumna 16)

- X – gatunki mało odporne na wiatry
- XX – gatunki odporne na wiatry

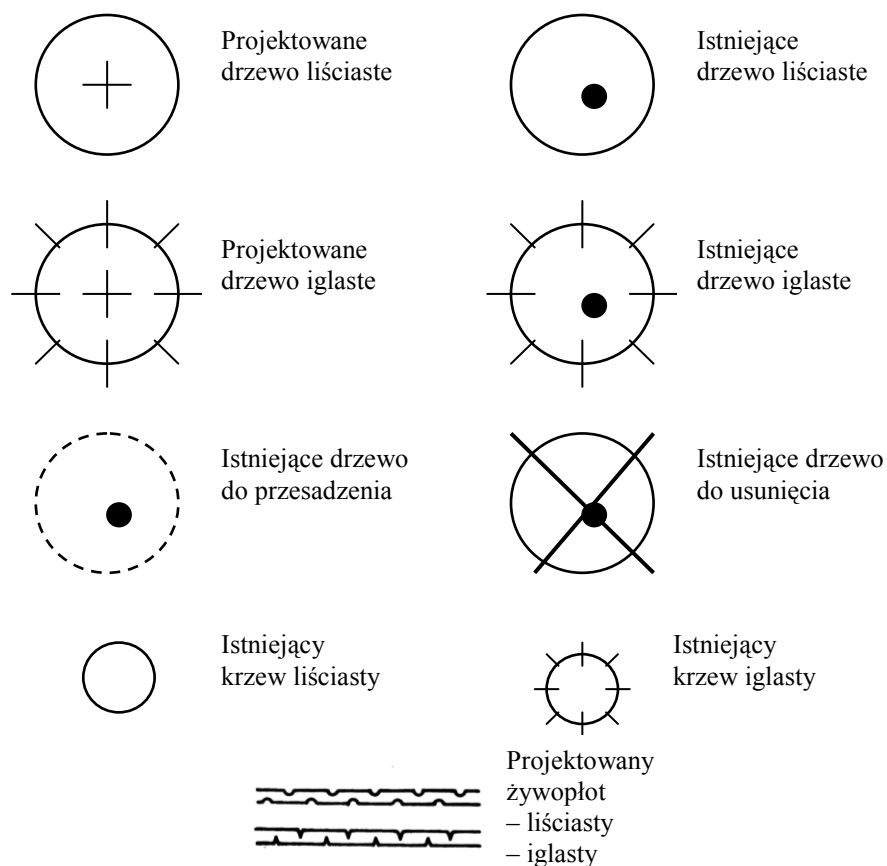
– **Inne**

- VOC – lotne substancje organiczne (*Volatile Organic Compounds*)
- * – gatunki krzewiaste

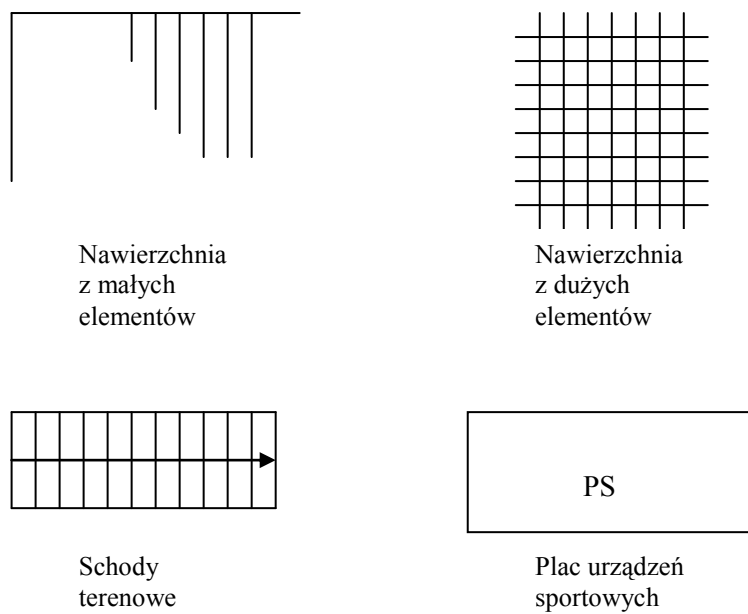
8. Normy dotyczące oznaczeń zieleni

Prace projektowe należy wykonywać w oparciu o normy, w których podaje się m.in. sposoby poprawnego opisywania rysunków, wymiarowania, oznaczania poszczególnych elementów projektu, w tym także oznaczanie zieleni projektowanej, istniejącej, adoptowanej i zieleni do usunięcia lub przesadzenia.

Na rysunkach 66-67. podano wybrane przykłady oznaczeń z polskiej normy PN-B-01027:2002 *Rysunek budowlany. Oznaczenia graficzne stosowane w projektach zagospodarowania działki lub terenu*, kierując się przydatnością ich przy projektowaniu i inwentaryzowaniu terenów zieleni.

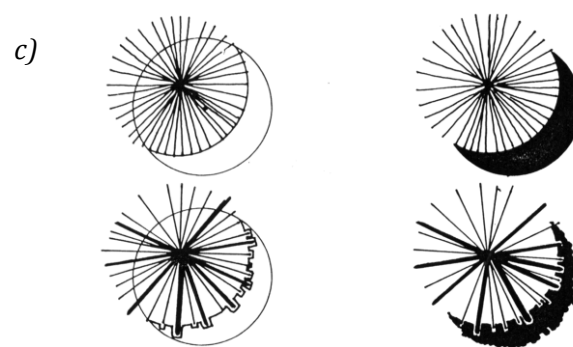
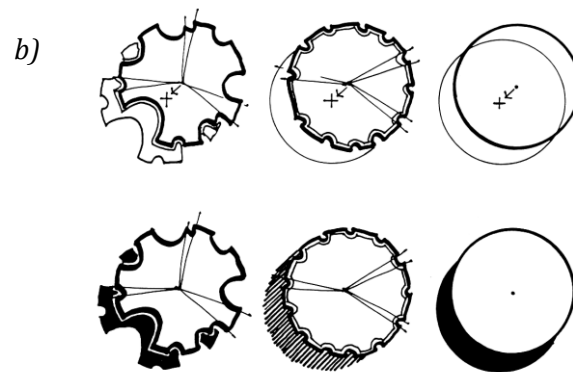


Rys. 66. Wybrane oznaczenia zieleni na projektach i inwentaryzacjach na podstawie PN-B-01027:2002



Rys. 67. Wybrane oznaczenia na planie zagospodarowania terenu na podstawie PN-B-01027:2002

W praktyce, w ramach tworzenia koncepcji założenia zieleni, można posłużyć się oznaczeniami nieujętych w normach. Przykłady takich oznaczeń zieleni przedstawiono na rysunku 68.



Rys. 68. Przykłady oznaczeń zieleni nieujęte w normach

9. Wykonawstwo budowlane a ochrona zieleni istniejącej

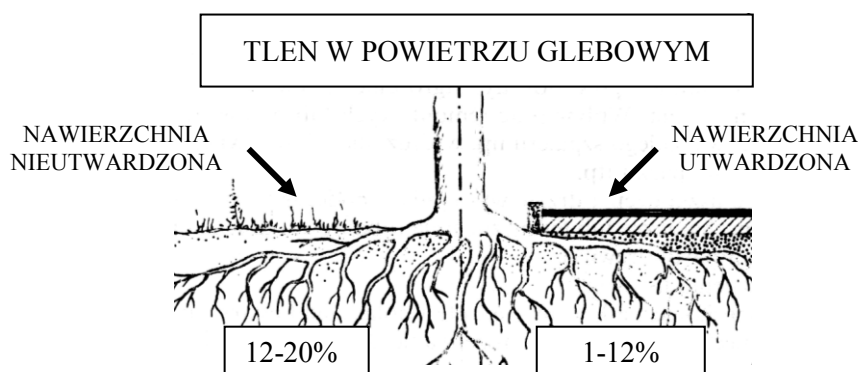
Wykonywanie jakichkolwiek prac remontowych i budowlanych (obiekty architektoniczne, drogi, ogrodzenia, przewody podziemne, zbiorniki wodne itp.) związane jest często z zagrożeniem pojedynczych drzew lub całych partii drzewostanu. Zagrożenie to wzrasta wraz z wiekiem drzewostanu oraz stopniem mechanizacji prac [49].

Najczęstsze uszkodzenia drzew występujące podczas wykonywania prac to:

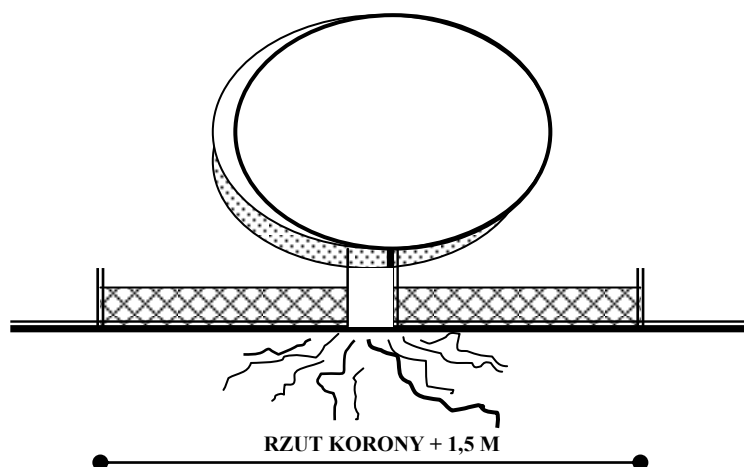
- uszkodzenia mechaniczne (obdarcia, odbicia),
- oparzenia i spalenia listowia,
- uszkodzenia mechaniczne korony (obcięte i połamane konary i gałęzie),
- uszkodzenia mechaniczne korzeni (rozerwanie, zgniecenie, obcięcie),
- zatrucia i zaduszenia korzeni.

Do podstawowych zagrożeń powodujących uszkodzenia drzew na placach budów należą [49]:

– **zagęszczenie gleby lub umocnienie nawierzchni** – poprzez ruch pojazdów, parkowanie pojazdów, wibracje maszyn stacjonarnych, udeptanie, składowanie materiałów ciężkich, stawianie budynków. W konsekwencji dochodzi do zagęszczenia gruntu, a tym samym utrudnione oddychanie korzeni i wnikanie wody opadowej oraz ustania życia biologicznego. Zmniejszająca się ilość organizmów żywych w glebie powoduje wzrost gęstości gleby, a tym samym utrudnione nawadnianie i zmniejszoną zawartość powietrza w porach gleby. Należy zatem wyznaczyć strefę ochronną pod drzewem o wielkości rzutu korony powiększoną o 1,5 m (rys. 69-70),

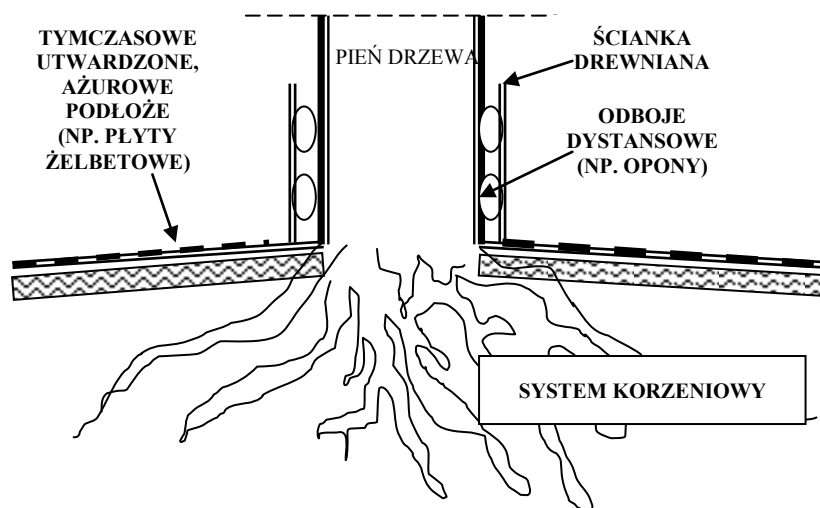


Rys. 69. Zawartość tlenu w glebie w zależności od rodzaju nawierzchni [49]



Rys. 70. Oznaczenie strefy ochronnej pod drzewem [49]

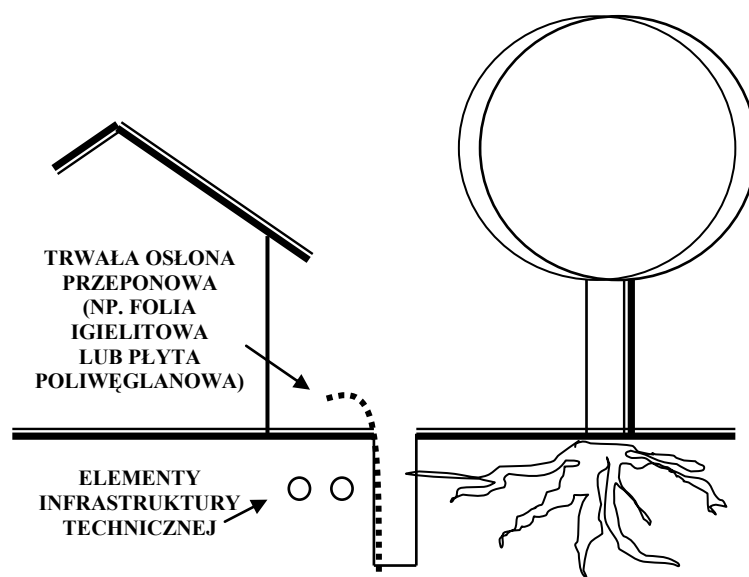
– *ruch pojazdów i praca maszyn budowlanych* – w pobliżu drzew może prowadzić do uszkodzenia pni, gałęzi, korzeni, a także zanieczyszczenia gleby olejami. W celu zabezpieczenia drzew stosuje się opaski ochronne i odboje gumowe, a także należy wzmocnić podłoże nad systemem korzeniowym, wysypując warstwę żwiru o grubości ok. 20 cm oraz ułożyć perforowane płyty żelbetowe w celu rozłożenia obciążenia spowodowanego przez pojazdy, przy jednoczesnym zachowaniu możliwości przewietrzania i nawadniania gleby (rys. 71),



Rys. 71. Zabezpieczenie pnia drzewa i korzeni przed uszkodzeniami mechanicznymi [49]

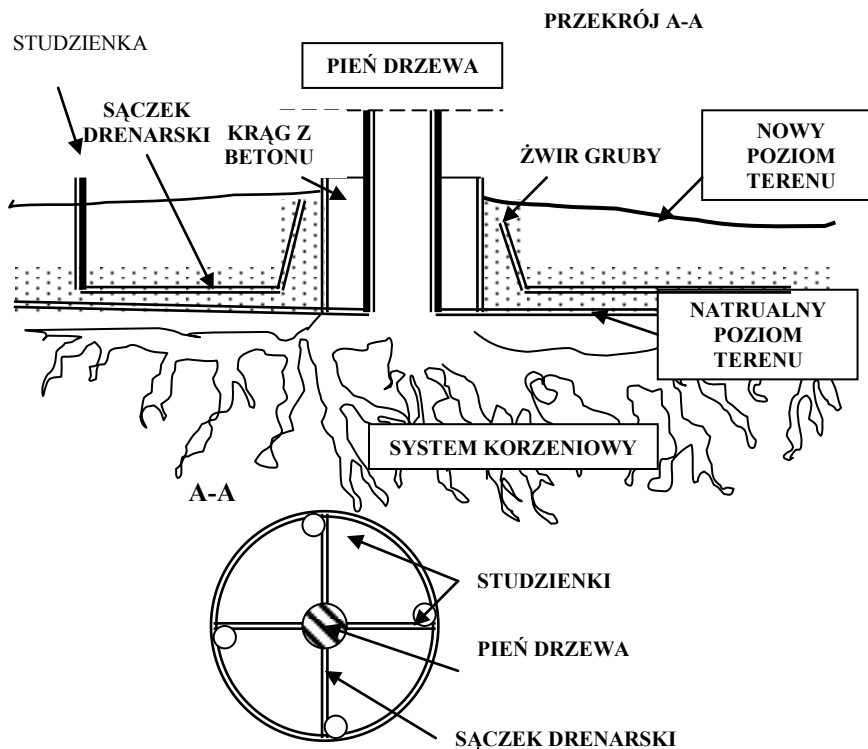
– **prace ziemne** – wiążą się zwykle z wykopami fundamentów pod budynki, ogrodzenia lub mury oporowe, a także z pracami związanymi z infrastrukturą podziemną (położenie przewodów, rurociągów itp.). W wyniku tych działań może następować uszkodzanie korzeni, redukcja systemu korzeniowego, odkrywanie korzeni i związane z tym ich przemarzanie lub przesychanie. Odslonięte korzenie muszą zostać okryte nasączonymi wodą matami np. ze słomy czy tkanin workowych.

Wraz ze wzrostem drzewa poszerza się jego system korzeniowy. Gdy drzewo zostanie posadzone zbyt blisko ściany domu to po kilku latach korzenie mogą opierać się o ścianę fundamentową. Dlatego należy stworzyć barierę ochronną z folii igielitowej lub płyty poliwęglanowej. Podobnie można postąpić, gdy w pobliżu korzeni przebiegają instalacje infrastruktury podziemnej (rys. 72).



Rys. 72. Ochrona ścian fundamentowych obiektu przed korzeniami za pomocą folii igielitowej [49]

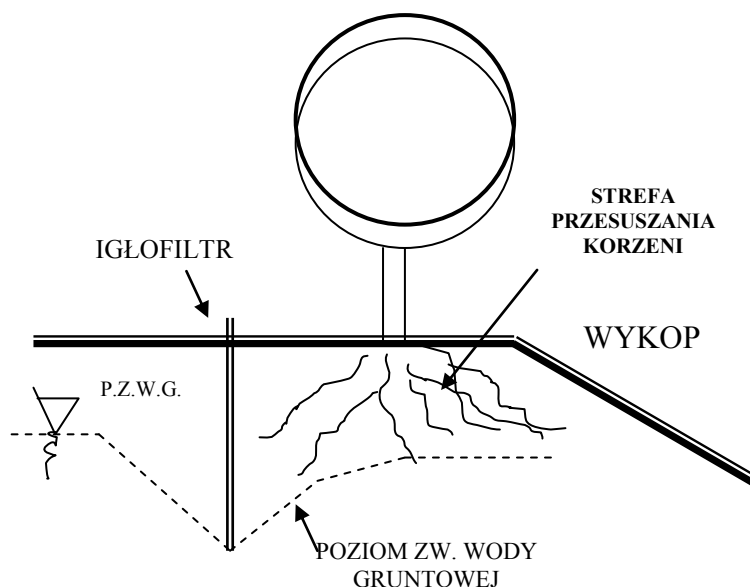
– **podwyższenie poziomu gruntu** – może być przejściowe (przy składowaniu nadmiaru mas ziemnych) lub trwałe (przy zmianach rzeźby terenu). Podwyższenie poziomu gruntu powoduje pogorszenie lub odcięcie wymiany gazowej pomiędzy atmosferą i glebą, utrudnienie wnikania wody opadowej do gleby, zmniejszenie lub całkowite ustanie aktywności organizmów żywych, obumieranie korzeni [37]. W pobliżu pnia należy pozostawić wolną przestrzeń, tworząc system przewietrzający w postaci systemu rurek drenarskich i studzienek rozlokowanych po obwodzie (rys. 73),



Rys. 73. Sieć sączków i studzienek rozmieszczonych na około drzewa w obrębie jego systemu korzeniowego napowietrza i nawilgaca usypaną warstwę gleby [49]

– **zmiana chemizmu gleby** – na skutek zanieczyszczenia gleby paliwami, olejami, solami, wapnem, cementem. Zmienione warunki glebowe niszczą mikroflorę i mikrofaunę glebową. Krótkotrwale można zabezpieczyć glebę pod drzewem folią, a w razie zanieczyszczenia należy glebę wymienić,

– **odwodnienie terenu** – następuje, gdy opada poziom zwierciadła wody gruntowej. W warunkach budowy zwierciadło wody obniży się w strefie działania drenażu lub igłofiltrów zabezpieczających wykop przed napływającą wodą. Jeżeli takie warunki utrzymują się przez pewien czas, wówczas należy podlewać system korzeniowy do czasu zakończenia prac w wykopie (rys. 74).



Rys. 74. Obniżony poziom zwierciadła wody gruntowej wskutek działania igłofiltrów [49]

Istniejąca zielenie na niezagospodarowanej jeszcze działce powinna być traktowana w sposób szczególny. Wynika to z dużej wrażliwości zieleni na zmieniające się warunki:

- gruntowe, takie jak skład gleby, zagęszczenie gruntu, niewłaściwa gospodarka wodna, urazy mechaniczne, zmniejszenie się powierzchni biologicznie czynnych,
- nasłonecznienia, które wynikają z nowego zagospodarowania przestrzeni, a tym samym powiększonych stref zacielenia działki.

Przystępując do projektowania zagospodarowania działki z już istniejącą zielenią (szczególnie zielenią wysoką), należy sporządzić szczegółową inwentaryzację zieleni na działce, co do gatunku, ilości, wielkości oraz stanu zieleni. W oparciu o te dane oraz plan zagospodarowania przestrzennego działki można przystąpić do określenia sposobu realizacji procesu budowlanego, wyznaczając strefy bezpiecznego poruszania się, składowania materiałów budowlanych, wytwarzania prefabrykatów itd., zgodnie z przyjętą technologią realizacji inwestycji.

10. Osłony akustyczne w krajobrazie środowiskowym

Naturalna potrzeba zachowania dystansu, poczucia bezpieczeństwa, izolacji oraz utrzymania niezbędnej intymności, przyczyniła się do powstania ogrodzeń. Pierwszymi ogrodzeniami skupisk ludzkich były naturalne warunki terenowe, takie jak rzeki, rozlewiska, morza, pasma gór, lasy itp. Ogrodzenia chroniące przed zwierzętami i innymi ludźmi z czasem unowocześniono i rozbudowano. Zmieniała się ich funkcja, forma, materiał konstrukcyjny, stawały się wielofunkcyjne i wielostopniowe [56]. Rozwój ogrodzeń jest nierozzerwalnie związany z potrzebami wynikającymi ze zmiany warunków, oczekiwań i potrzeb. Masywne przegrody o charakterze militarnym tracą obecnie uzasadnienie na rzecz funkcjonalności i estetyki. Ceni się bezpośredni kontakt ze środowiskiem, a ogrodzenia coraz częściej tworzy się z substancji roślinnej.

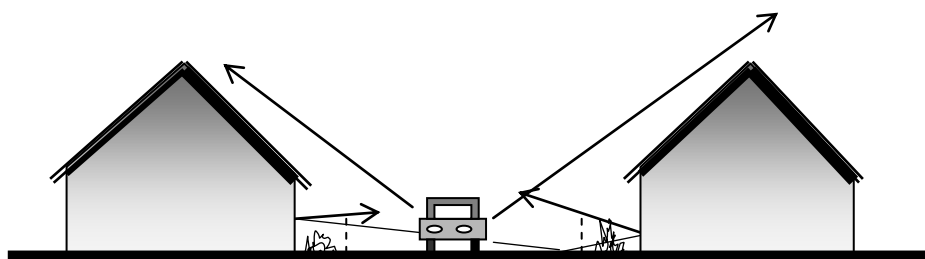
Ważnym przykładem współczesnego wykorzystania ogrodzeń jest ochrona przed hałasem, którego szczególnym źródłem jest ruch samochodowy. Udział ruchu drogowego w emisji hałasu stanowi ok. 80%. Postęp techniczny w budowie pojazdów i dróg nie jest w znaczący sposób wpływać na redukcję poziomu hałasu. Hałas oddziałuje bezpośrednio na organ słuchu, a także wzroku, wywołuje wzmożoną pobudliwość, bóle i zawroty głowy oraz bezsenność. Stres psychiczny powodowany hałasem doprowadza do wzrostu ciśnienia i niebezpieczeństwa udaru mózgu, a także osłabia system immunologiczny [58].

Na organizm człowieka oddziałują także dźwięki niesłyszalne: infradźwięki (częstotliwość powyżej 16 kHz) oraz ultradźwięki (powyżej górnej częstotliwości pasma słyszenia). Infradźwięki odbierane są przez narząd słuchu, układ równowagi, tzw. błędnik, oraz zakończenia nerwów, czyli receptory reagujące na drgania mechaniczne. Przy dużych energiach możliwe jest wystąpienie drgań rezonansowych narządów wewnętrznych i innych struktur organizmu. Ultradźwięki mogą wnikać do organizmu drogą słuchową oraz całą powierzchnią ciała. Przy dłuższym działaniu hałasu ulega uszkodzeniu słuch, co może prowadzić do trwałej głuchoty.

Hałas komunikacyjny to problem zarówno miast, jak i wsi. Dotyczy także wsi podmiejskich, zlokalizowanych wzdłuż głównych dróg wylotowych z miasta. Domy mieszkalne posadowione w pobliżu jezdni często ustawione są kalenicowo w stosunku do osi drogi (fot. 1). Wąskie pasy drogowe oraz bliska lokalizacja budynku w stosunku do linii rozgraniczającej powoduje, że przy zwartej zabudowie tworzy się tunel potęgujący poziom natężenia dźwięku nawet o 10 dB [48] (rys. 75).



Fot. 1. Przykład niekorzystnego styku zabudowy z drogą (wąskie chodniki i zakręt)

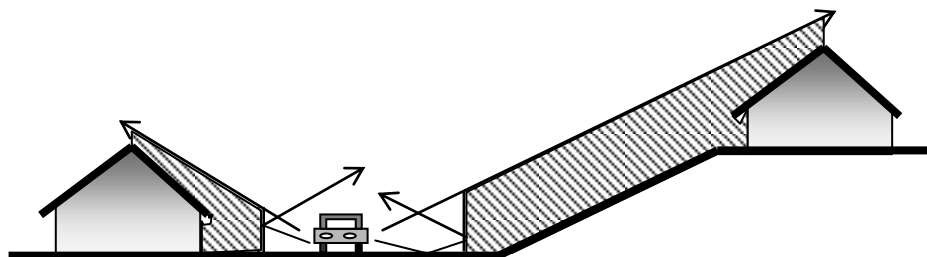


Rys. 75. Odbicie fal dźwiękowych od budynków podnosi poziom ciśnienia akustycznego

Dopuszczalny poziom hałasu dla terenów zabudowy mieszkaniowej wynosi 50 dB w dzień i 40 dB w nocy, a maksymalny krótkotrwały poziom dźwięku to 75 dB. Zachodzi tutaj wysoki stopień zgodności w porównaniu z prawem wspólnotowym. Podobne poziomy natężenia hałasu obowiązują w Norwegii, Francji, Niemczech, Danii, Szwecji, Wielkiej Brytanii czy Holandii.

Poziom hałasu pojazdów samochodowych to przeciętnie od 80 do 100 dB, w zależności od rodzaju pojazdu, a maszyn samojezdnych i ciągników rolniczych od 90 do 110 dB. Elementami podnoszącymi poziom hałasu są m.in. skrzyżowania, ostre zakręty wymagające zmiany prędkości pojazdu, wzniesienia. Dlatego zgodnie z ogólnościową tendencją należy stosować ekranowania miejsc szczególnie narażonych na hałas. W zależności od lokalnych warunków można wprowadzić różne osłony dźwiękowe, dopasowując ich wielkość i formę do konkretnych potrzeb, uwzględniając przy tym potrzeby krajobrazu środowiskowego.

Wysokość ekranu powinna być tak dobrana, aby brała pod uwagę położenie źródła dźwięku względem jezdni, odległość i wysokość najbliższej zabudowy, ukształtowanie terenu przyległego do drogi, odległość ekranu od źródła dźwięku oraz ugięcia się fali dźwiękowej na krawędzi nieprzenikalnej przeszkody, która wnika w obszar cienia akustycznego (rys. 76).



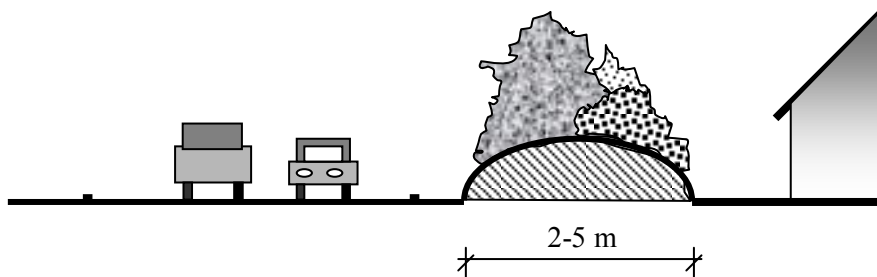
Rys. 76. Zależność wielkości i lokalizacji ekranu na powstawanie cienia akustycznego

Szerokość ekranu uzależniona jest przede wszystkim od poziomu występującego hałasu oraz od rodzaju materiału, z którego jest wykonany. Parametr ten odgrywa znaczącą rolę w możliwości zastosowania ekranu w określonych warunkach.

Najczęściej spotykanymi rozwiązaniami ekranów akustycznych są:

– Wały ziemne

to stosunkowo tanie i skuteczne rozwiązanie. Jednak jego zastosowanie wymaga znacznej szerokości ok. 2-5 m. Redukcja hałasu wynosi od 10-20 dB. Wały ziemne po obsadzeniu roślinnością dobrze korespondują z otoczeniem i stanowią dobre rozwiązanie środowiskowe i krajobrazowe (rys. 77-78).

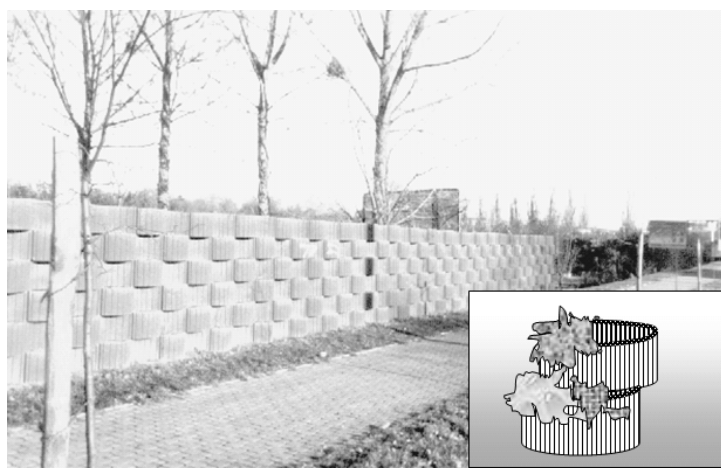


Rys. 77. Wał ziemny obsadzony wielopoziomową roślinnością



Rys. 78. Wał ziemny obsadzony niską roślinnością w pasie autostrady

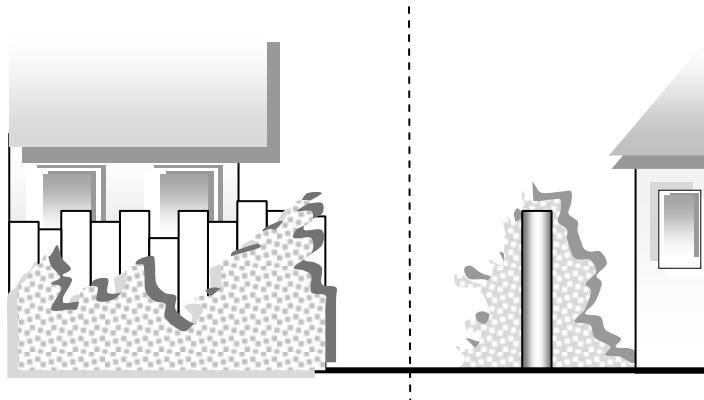
W celu zawężenia szerokości ekranu można umieścić ziemię w specjalnych betonowych lub keramzytobetonowych formach o zróżnicowanych kształtach i wymiarach. Dzięki swojej konstrukcji umożliwiają one łatwy i szybki montaż, tworząc ściany o zmiennym wyglądzie (fot. 2).



Fot. 2. Ogrodzenie z gazonów kwiatowych może być obsadzone wielopoziomowo roślinnością ozdobną, tworząc rozwiązanie bioaktywne

– Drewniane ekrany akustyczne

charakteryzują się budową wielowarstwową. Izolacyjność akustyczna ekranu wynosi ok. 30-35 dB. Konstrukcję nośną stanowi drewniana rama, która od strony źródła dźwięku obłożona jest co kilka centymetrów okrągłymi kółkami, rozpraszającymi dodatkowo fale dźwiękowe. Wewnątrz znajduje się płyta z wełny mineralnej o gęstości 100 kg/m^3 , powleczona szklaną włókniną. Całość od strony cienia akustycznego przykryta jest deskowaniem, natomiast od strony drogi bogato ozdobiona zielenią, której obecność dodatkowo wzmacnia izolacyjność akustyczną i jednocześnie poprawia estetykę rozwiązania (rys. 79).



Rys. 79. Palisada drewniana o zmiennej wysokości częściowo zasłonięta roślinnością

– Ekran akustyczny murowany

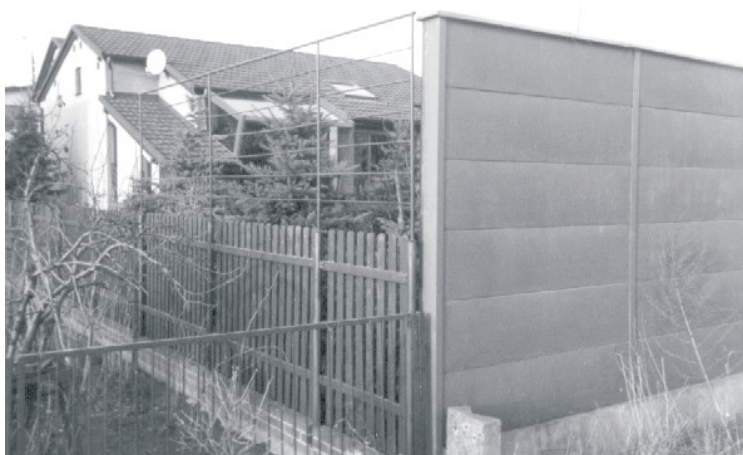
z uwagi na stosunkowo niewielkie koszty budowy, dostępność materiałów oraz nieskomplikowaną technologię, ekran z elementów ceramicznych lub betonowych są często stosowane. Zaletą takiego rozwiązania jest dobra izolacyjność akustyczna, w granicach 40-50 dB, oraz cena. Wadą natomiast niski poziom estetyki i złe wkomponowanie w otaczający krajobraz (fot. 3). W celu złagodzenia negatywnego oddziaływania na krajobraz ekran można częściowo zakryć zielenią ozdobną i pnączami zimozielonymi zarówno od strony działki, jak i drogi.



Fot. 3. Murowane ogrodzenie o różnej wysokości i sposobie wykończenia

– Ekran z paneli metalowych

zbudowane są z kaset umocowanych w metalowej ramie z dwuteowników. Kasety połączone są ze sobą na pióro i wpust. Mają szerokość ok. 0,5 m i zmienne długości dochodzące do 4 m. Grubość paneli to ok. 10-15 cm, zależnie do szerokości użytej wełny mineralnej. Arkusz wełny mineralnej o gęstości 100 kg/m^3 osłonięty jest arkuszem blachy stalowej obustronnie ocynkowanej lub blachy aluminiowej. Od strony zewnętrznej blacha jest perforowana, co skutecznie tłumi hałas przez rozpraszanie fal dźwiękowych. Izolacyjność akustyczna paneli wynosi od 27 do 30 dB (fot. 4).

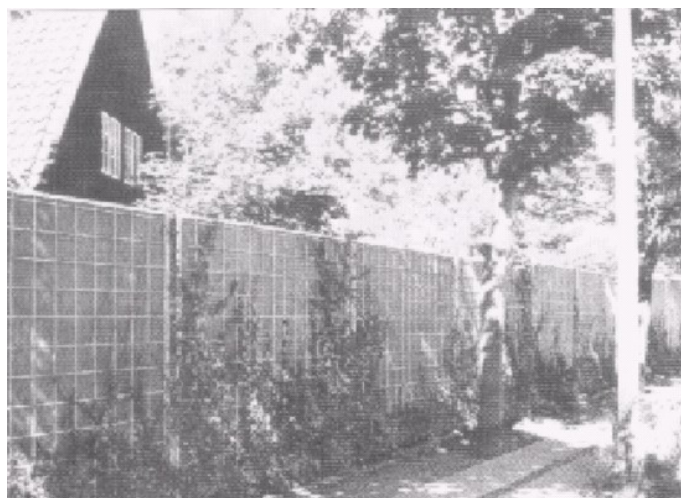


Fot. 4. Ekran akustyczny z perforowanych paneli metalowych

– Ekran z wełny mineralnej

w zależności od konstrukcji rdzenia ekranu wyróżnić można ekrany „intensywne” i „ekstensywne”. Do pierwszej grupy należą ekrany wypełnione płytą z wełny mineralnej o gęstości 80 kg/m^3 . Rdzeń konstrukcji pochłania wilgoć i umożliwia rozwój pnączy, które z czasem zakrywają całą konstrukcję. Rośliny są sadzone na całej powierzchni ekranu bezpośrednio do wełny mineralnej. Drugą grupę stanowią ekrany złożone z trzech płyt z wełny mineralnej, dwóch średnich (gęstość 80 kg/m^3) i jednej twardej (gęstość 200 kg/m^3) w środku rdzenia. Płyty otoczone są polienową siatką okrywającą, dzięki której pnącza z łatwością rozrastają się na konstrukcji. Zielone ekrany dobrze pasują do otoczenia i stanowią ciekawe optycznie rozwiązanie.

Izolacja akustyczna w zależności od typu rozwiązania wynosi: 29 dB dla ekranów intensywnych i 31 dB dla ekranów ekstensywnych. Szerokość natomiast odpowiednio 28 i 34 cm (fot. 5).

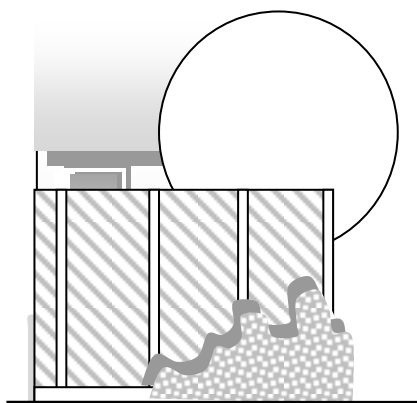


Fot. 5. Przykład ogrodzenia z płyt z wełny mineralnej częściowo porośnięty pnączami

– Przeźroczyste ekrany akustyczne

są wykonane z płyt z wylewanego szkła akrylowego wzmocnione czarnymi lub bezbarwnymi włóknami. Cechują się wysoką przejrzystością i nie deformują obrazu. Ma to szczególne znaczenie np. przy skrzyżowaniach, łukach dróg oraz wyjazdach z posesji. Z uwagi na dużą gładkość powierzchni, ekrany mają dobre właściwości samoczyszczące.

Płyty montuje się w profilach dwuteowych lub ceowych ze specjalnymi podkładami gumowymi zmniejszającymi naprężenia w konstrukcji. Izolacyjność akustyczna w zależności od grubości materiału wynosi od 29 do 35 dB (rys. 80).

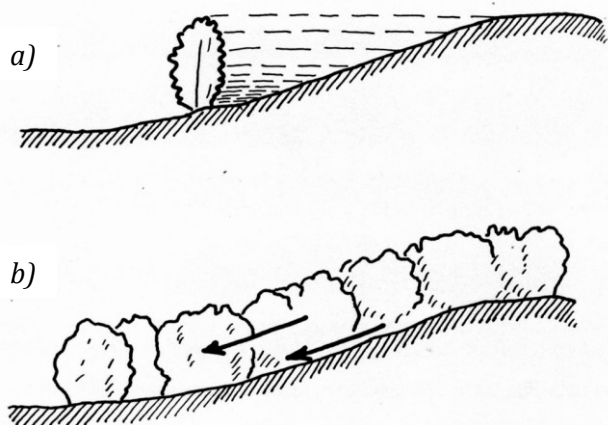


Rys. 80. Zastosowanie ekranu akustycznego z przeźroczystych płyt i obustronne obsadzenie go zielenią zwartą i ozdobną

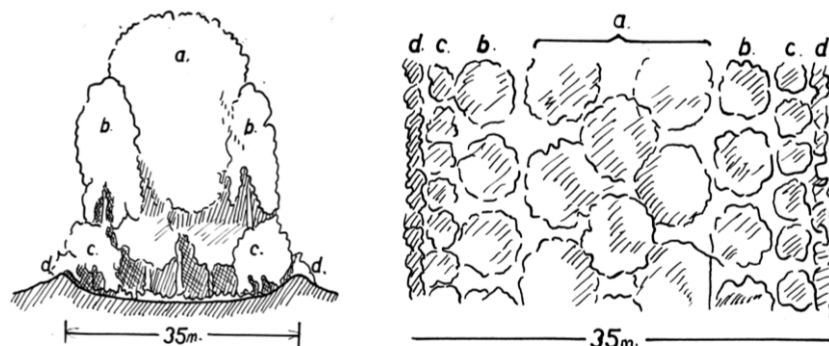
Przedstawione przykłady ekranów akustycznych mogą być z powodzeniem zastosowane w większości przypadków, szczególnie w miejscach o wysokim poziomie hałasu. Pozwala na to duża elastyczność w wyborze właściwego rozwiązania zależnie od lokalizacji miejsca ekranowania, użytego materiału oraz możliwości estetycznego wkomponowania ekranu w krajobraz, wzbogacając jednocześnie środowisko poprzez tworzenie nowych ekosystemów.

11. Projektowanie zieleni w pobliżu cieków wodnych na terenach górzystych

Często występującym zjawiskiem w górach jest inwersja termiczna, która powstaje, gdy temperatura powietrza jest niższa od temperatury terenu. Wówczas, na skutek oddawania ciepła przez zbocza gór, powietrze przylegające do terenu schładza się i spływa dolinami w niższe partie gór. Zalesienie terenu w znacznym stopniu ogranicza zjawisko inwersji, co jest spowodowane ograniczonym stopniem oddawania ciepła przez ziemię. Jednak poszerzająca się zabudowa terenu sprawia, że systematycznie wycina się zieleni niską i wysoką. Potęguje to zjawisko inwersji, co pogarsza warunki życia mieszkańców tych terenów. Zimne powietrze, spływając po zboczu, zatrzymywane jest przez zabudowę i niewłaściwie posadzoną zieleni, powodując zastoiska zimnego powietrza pośród zabudowy. W celu zmniejszenia inwersji termicznej należy we właściwy sposób zlokalizować zarówno zabudowę, jak i zieleni. Zimne powietrze powinno zostać sprowadzone wydzielonymi kanałami do najniższego punktu, jakim będzie lustro strumienia lub rzeki [13]. Na rysunku 81. przedstawiono sposób zatrzymania lub odprowadzenia zimnego powietrza za pomocą zwartych pasów zieleni, które jednocześnie służą jako ochrona przed wiatrem (rys. 82). Jest to szczególnie istotne w okresie zimy, kiedy zimne, szybko przemieszczające się masy powietrza przyspieszają w wąskich korytarzach uformowanych z górskich wzniesień [2].

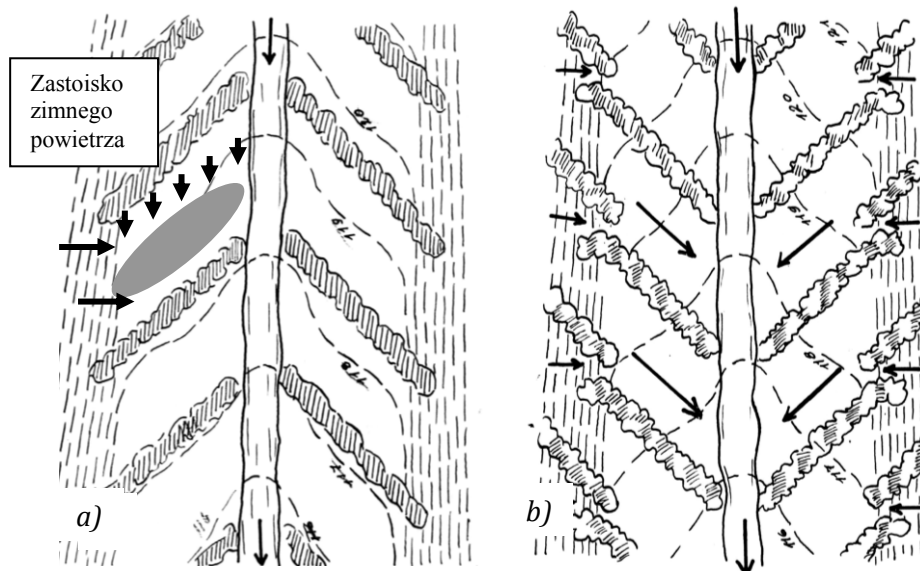


Rys. 81. Wpływ układu zazielenienia na ruch masy zimnego powietrza:
a) zastoisko zimnego powietrza, gdy zieleni biegnie równolegle do warstw,
b) swobodny spływ zimnego powietrza, gdy pas zieleni poprowadzony jest prostopadle do warstw

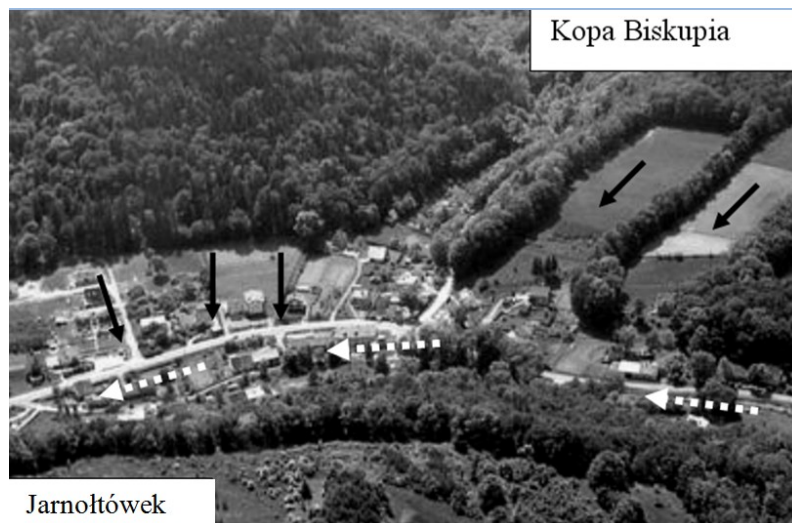


Rys. 82. Pasy zieleni wiatrochronnej wpływające na ruch zimnego powietrza inwersyjnego: a) drzewa wysokopienne, b) drzewa niskopienne, c) krzewy wielkie, d) krzewy drobne

Zimne powietrze sprowadzone do cieków wodnych ulega częściowemu ociepleniu, dzięki oddawaniu ciepła przez wodę do przyległych warstw powietrza. Jest to związane z dużą pojemnością cieplną wody, dlatego im większa masa wody, tym większa stabilizacja temperatury nad i przy rzece lub zbiorniku wodnym. Pasy zieleni, a także zabudowy poprowadzone równoległe do warstw zatrzymują zimne powietrze i uniemożliwiają jego sphywanie do wody. Natomiast pasy zieleni poprowadzone prostopadle do warstw nie zatrzymują zimnego powietrza i umożliwiają jego swobodne sphywanie do wody [50] (rys. 83-84).

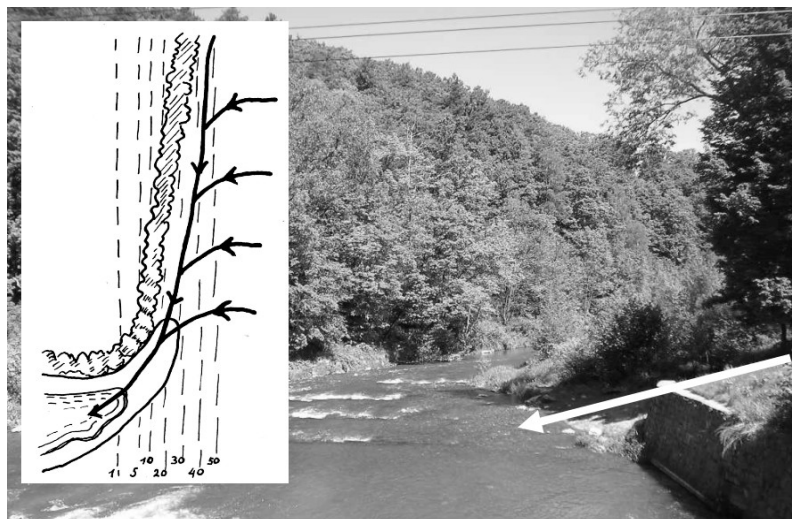


Rys. 83. Wpływ ułożenia pasów zieleni na sphywanie zimnego powietrza do wody: a) ograniczony, b) swobodny



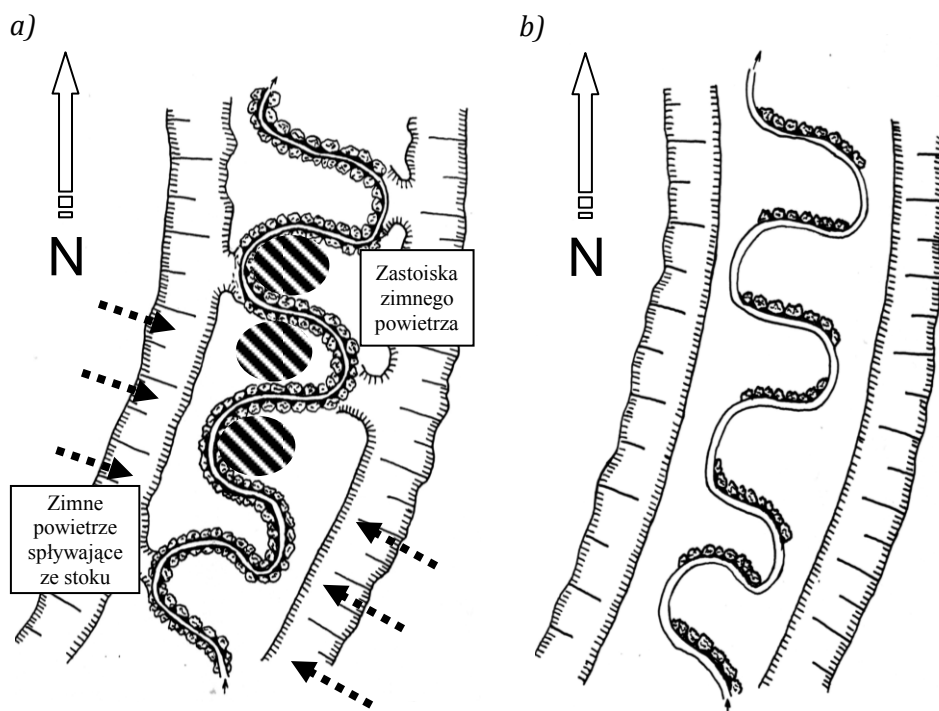
Rys. 84. Przykład: widok na Jarnołówka i Kopę Biskupią (woj. opolskie):
 → – kierunek spływu zimnego powietrza ze wzniesień
 --> – kierunek spływu cieku wodnego

Poprawnie poprowadzone pasy zieleni powinny wyznaczyć korytarz dla spływu powietrza od samego cieku wodnego. Natomiast samo zetknięcie z wodą może być wykonane za pomocą tzw. suchego rowu towarzyszącego rzece [13]. Suchy rów jest utworzony przez nieporośniętą zielenią zagłębienie w ziemi, przedłużające istniejący pas zieleni (rys. 85).



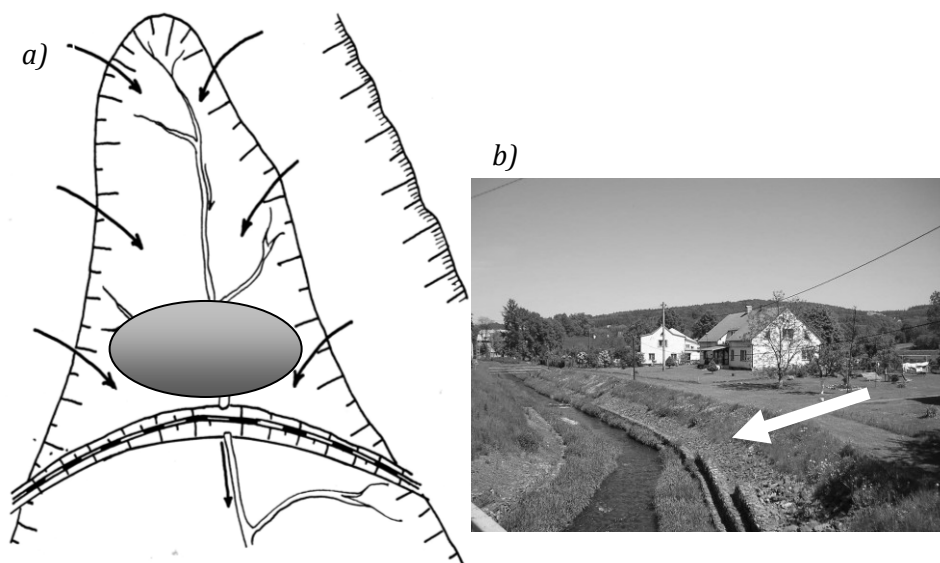
Rys. 85. Pas zieleni i suchy rów kierują spływem zimnego powietrza do wody

W sąsiedztwie cieką wodnego nasadzenie zieleni powinno być poprzedzone analizą uwzględniającą wielkość i dynamikę sływu wód, wielkość zlewni, zasięg powierzchni otwartej i niezazielenionej, lokalizację względem stron świata, nachylenie wzniesień formujących koryto rzeki, rysunek (układ) cieką wodnego [2]. Rzeki górskie charakteryzują się szybkim przybieraniem pod wpływem opadów atmosferycznych oraz dynamicznych roztopów. W związku z tym, należy także uwzględnić możliwość powiększania się powierzchni rzeki przez miejscowe rozlewiska, szczególnie tam, gdzie rzeka mocno meandruje. Obsadzając brzegi cieką wodnego, należy uwzględnić ewentualność wystąpienia powodzi oraz umożliwić sływ zimnego powietrza. Zbyt gęste obsadzenie brzegów rzeki uniemożliwi sływ powietrza, co szczególnie wystąpi po stronie północnej. Drzewa posadzone po stronie południowej rzeki są przyczyną dodatkowego jej schładzania. Lepszym rozwiązaniem jest sadzenie zieleni po północnej stronie rzeki, ponieważ zimne powietrze swobodnie sływa w jej kierunku, a niezacieniona powierzchnia wody ogrzewa się, podnosząc temperaturę zimnego powietrza. Jest to szczególnie istotne w dole cieką wodnego, gdzie jest największa ilość zimnego powietrza (rys. 86).



Rys. 86. a) zwarte zadrzewienie uniemożliwia sływanie zimnego powietrza, zacieniona woda jest zimna i dodatkowo schładza powietrze, b) nasadzenia północnego brzegu cieką wodnego

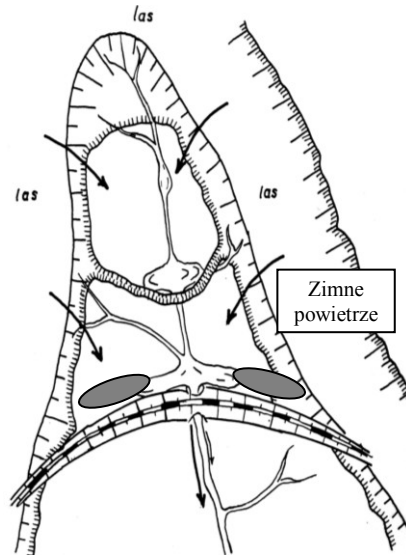
Wszelkie przeszkody naturalne bądź sztuczne mogą powodować znaczne ograniczenia w cyrkulacji powietrza. Przeszkody powodują powstawanie dużych rozlewisk zimnego powietrza, a wówczas zimne, nieruchome powietrze może obejmować pobliskie zabudowania. Zastoisko powietrza zwiększa zawilgocenie, co z kolei niekorzystnie wpływa na warunki klimatyczne [43]. W dolinie wśród zabudowy wymiana gazowa jest znacznie ograniczona, a zatem powstaje niebezpieczeństwo powstania szkodliwego aerozolu, w którym zimne i wilgotne powietrze miesza się z innymi zanieczyszczeniami gazowymi i pyłowymi. Dodatkowo wilgotne środowisko podwyższa zdolność przenikania ciepła przez ściany domów mieszkalnych, poprzez systematyczne zawilgacanie materiału ściennego, a to z kolei sprzyja powstawaniu pleśni i grzybów. Zawilgocenia przegród budowlanych wpływają także na zwiększone sezonowe zużycie energii potrzebnej do ogrzania domu [17, 43]. Takie warunki są szczególnie niesprzyjające dla osób skłonnych do alergii oraz z chorobami na podłożu reumatycznym i laryngologicznym. Na rysunku 87. przedstawiono sytuację, w której w dolinie z ciekim wodnym wybudowano nasyp kolejowy oraz usunięto zazielenienie, przygotowując teren do zabudowy.



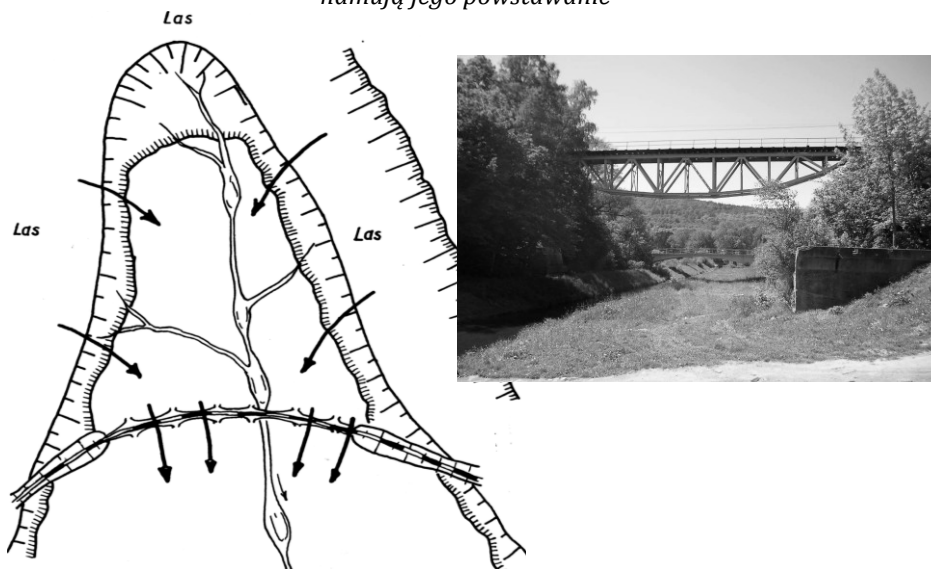
Rys. 87. a) ograniczony ruch powietrza na skutek wybudowania nasypu kolejowego
b) zimne powietrze sphywa z otwartych, niezazielenionych przestrzeni

W celu poprawy takiego stanu można stworzyć większe rozlewiska wodne, które akumulowałyby będą znaczne ilości ciepła, a przez to zimne powietrze będzie częściowo ocieplane. W związku z tym, podniesie się również temperatura powietrza w dolinie. Dodatkowo, aby ograniczyć powstawanie zjawiska inwersji termicznej, należy w jak największym stopniu obsadzić zielenią zbocza

gór (rys. 88). Projektując nowe nasypy lub przeprojektowując starsze rozwiązania w ujściu cieków wodnych lub dolin, należy wprowadzić układy konstrukcyjne o większej ażurowości, np. kratownice [1] (rys. 89).



Rys. 88. Woda zgromadzona w zbiornikach ogrzewa powietrze, a zalesione stoki hamują jego powstawanie



Rys. 89. Zastąpienie nasypu wiaduktem pozwala na swobodny odpływ zimnego powietrza

Wąskie i płytkie koryta cieków górskich ze stromymi brzegami, niewskazujące na jakiegokolwiek zagrożenie, często są źródłem szybko narastającego niebezpieczeństwa. Jest ono spowodowane długotrwałymi i obfitymi opadami deszczu. Woda opadowa, spływając po zboczach gór, napęnia niewielkie strumienie, które często wylewają. Zjawisko to przebiega bardzo dynamicznie, czemu sprzyjają duże spadki terenu. Tereny górzyste poprzecinane ciekami wodnymi są często zalewane. Wezbrany ciek wodny jest szczególnie niebezpieczny na zakolach. Rosnąca tam zieleń wysoka jest podmywana przez wodę, która, wirując naokoło pnia, wymywa ziemię przy korzeniach. Z czasem drzewo przechyla się koroną w kierunku płynącej wody. Bogata w liście korona drzewa stanowi duży opór, na skutek czego drzewo obraca się na powierzchni wody korzeniami w kierunku jej spływu. Podniesione lustro wody unosi drzewa, które z dużą prędkością mogą uderzać w różne przeszkody, np. mosty, naruszając ich konstrukcję.

Kształtowanie krajobrazu na terenach górzystych jest zagadnieniem wyjątkowo złożonym, ponieważ przeplata się tu naturalne piękno krajobrazu z równie naturalnie występującym niebezpieczeństwem dużych opadów atmosferycznych, a tym samym powodziami. Duże zawilgocenie powietrza, chłody oraz intensywne inwersje termiczne, to dodatkowe elementy, które mają duży wpływ na kształtowanie zabudowy, infrastruktury technicznej, a także zieleni.

Zieleń towarzysząca ciekom wodnym nadaje im niepowtarzalne piękno, jest ostoją dla organizmów żywych. Sprawia, że woda dobrze wkomponowuje się w otoczenie. Jednak niewłaściwa jej lokalizacja może utrudniać spływ zimnego powietrza, oziębiać wodę i wreszcie może stać się przyczyną szczególnie dotkliwych zniszczeń podczas powodzi.

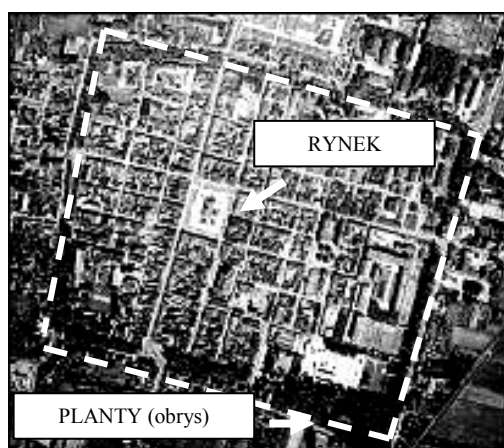
Zagospodarowanie terenów górzystych powinno uwzględniać także badania możliwości przewietrzania dolin. W wyniku codziennych czynności ich mieszkańców, związanych z ogrzewaniem domów, pracą czy komunikacją, doliny (zwłaszcza jesienią i zimą) są często zamglone i wilgotne. Podwyższona wilgotność i brak przewietrzania wpływają niekorzystnie na zdrowie i samopoczucie mieszkańców. Wilgotne powietrze zatrzymuje zanieczyszczenia gazowe i pyłowe. Dodatkowo obniżają izolacyjność przegród budowlanych i utrudniają przewietrzanie pomieszczeń mieszkalnych. Z kolei tereny leżące w dolinach o układzie tunelowym, szczególnie otwartym na stronę o przeważającym kierunku wiatrów, będą nadmiernie przewietrzane. Dynamicznie przemieszczające się masy chłodnego powietrza znacznie obniżają temperaturę w strefie zamieszkania. Wiąże się to z przechładzaniem pomieszczeń mieszkalnych, a to z kolei ze zwiększonym zapotrzebowaniem na energię potrzebną do ogrzania domów.

Właściwe zagospodarowanie terenu przy uwzględnieniu zabudowy, zieleni, cieków czy rozlewisk wodnych może w znacznym stopniu wpływać na kształtowanie dobrych warunków mikro- i mezoklimatycznych, zmniejszyć roczne zapotrzebowanie na energię i wreszcie zmniejszyć niebezpieczeństwo wystąpienia powodzi.

12. Modernizacja krajobrazu i środowiska – studium projektowe

Z uwagi na swoją długowieczność zieleni, posadzona wcześniej w dobrych warunkach, może obecnie mieć szereg problemów związanych ze zmianą parametrów środowiskowych. Odnosi się to m.in. do zwiększonego zanieczyszczenia powietrza i wód, zmiany zagospodarowania przestrzennego, obniżenia poziomu wód gruntowych itd. Modernizując zagospodarowanie w pobliżu zieleni, należy zatem brać pod uwagę zmianę wszystkich czynników środowiskowych, które mogą wpłynąć na pogorszenie warunków siedliskowych. Jednym z takich działań jest zmiana nawierzchni z gruntowej na utwardzoną w historycznym założeniu krajobrazowym. Wymaga ona oddzielnego wyjaśnienia, czy i w jakim stopniu zmieniają się warunki wzrostu zieleni wysokiej na skutek planowanych prac modernizacyjnych. Problem zostanie omówiony na przykładzie modernizacji zabytkowych ciągów pieszych zlokalizowanych w obrębie XIX-wiecznych plant w Rawiczu.

Planty jako pojęcie z dziedziny architektury krajobrazu (od słów „planta-cja”, „plantowanie”) utożsamiane jest z rodzajem miejskich terenów zielonych: parku lub zieleńca zakładanego zazwyczaj na miejscu likwidowanych fortyfikacji miejskich, np. murów obronnych, wałów ziemnych, fos czy dawnego koryta rzecznego, lub bezpośrednio za nimi. Mają swoją genezę powstania w XIX-wiecznej idei wprowadzania zieleni do centrów miast o średniowiecznym rodowodzie. Planty w Rawiczu to drugie pod względem znaczenia i wielkości po plantach krakowskich założenie krajobrazowe (rys. 89).

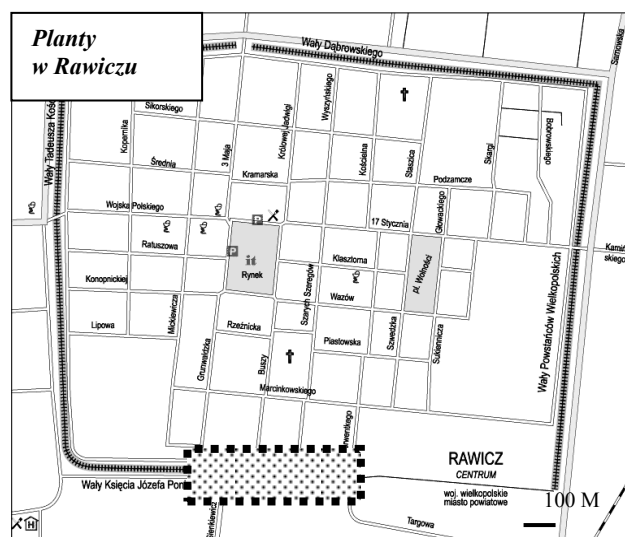


Rys. 89. Widok centrum Rawicza opartego na planie prostokąta z zaznaczonymi plantami

Planty rawickie powstały w latach 1840-1850 na miejscu likwidowanych wałów i fortyfikacji. Założenie zostało oparte na planie prostokąta o obwodzie około trzech kilometrów, który otacza pasem drzew i krzewów stare miasto. W obrębie plant Rawicz zachował swój pierwotny układ urbanistyczny, wzorowany na planie średniowiecznych miast, tworzący regularną szachownicę ulic zabudowanych zabytkowymi kamieniczkami.

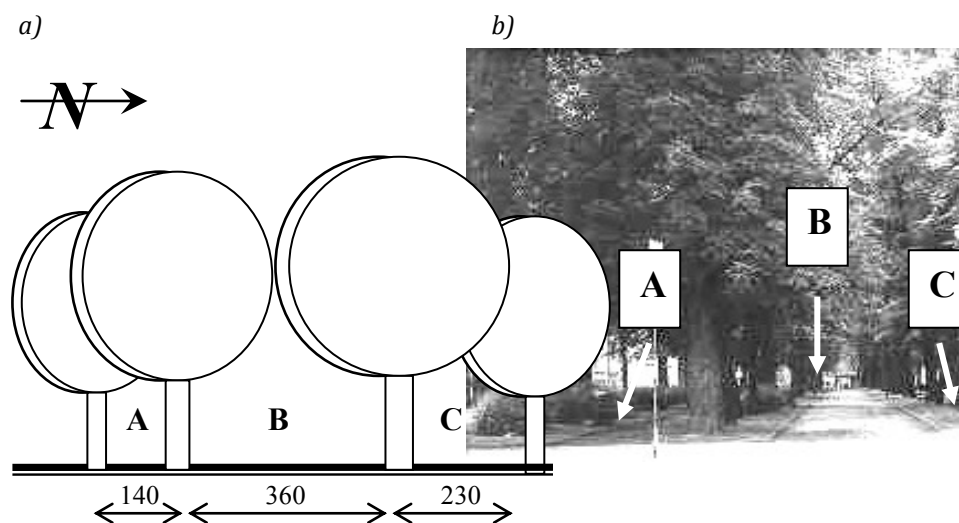
12.1. Przedmiot opracowania

Opracowanie dotyczy oceny wzajemnych relacji zachodzących w środowisku przyrodniczym, na skutek wprowadzenia zmian związanych z modernizacją zabytkowych ciągów pieszych w obrysie plant zlokalizowanych w centrum Rawicza, otoczonych ulicami: Wały Księcia Józefa Poniatowskiego, od skrzyżowania z ul. Grunwaldzką do skrzyżowania z ul. Scherwentkiego (rys. 90).



Rys. 90. Mapa centrum miasta Rawicza z zaznaczonym terenem opracowania

Omawiane założenie rozciąga się na przestrzeni 181,50 m w kierunku wschód-zachód. Natomiast szerokość zmienia się i wynosi od 20,10 m (strona zachodnia) do 19,80 m (strona wschodnia). Na terenie plant zlokalizowane są trzy ciągi piesze o różnych szerokościach: 1,4 m ciąg południowy (oznaczony jako A), 3,6 m ciąg środkowy (oznaczenie B) i 2,3 m ciąg północny (oznaczenie C) (rys. 91). Omawiane ciągi dzielą powierzchnię zieleni na plantach na cztery pasma. Każde z nich porasta kilkudziesięcioletnia zieleń wysoka o zróżnicowanych wymiarach i gatunkach. Generalnie jest to drzewostan liściasty, w skład którego wchodzi m.in. kasztanowce, klony, lipy. Drzewostan jest w dobrej kondycji.



Rys. 91. Ciągi piesze na plantach dzielące zieleni na cztery pasma:
a) sylweta założenia, b) widok ogólny

12.2. Podstawowe założenia projektowe

Ciągi piesze na plantach posiadają nawierzchnię gruntową niestabilizowaną, obłożoną obustronnie betonowymi krawężnikami, które nieznacznie wystają ponad nawierzchnię ciągów i przyległy teren zieleni niskiej. W celu polepszenia walorów użytkowych i estetycznych terenu zabytkowych plant, zaplanowano zmiany obejmujące utwardzenie ciągów pieszych, wymianę krawężników oraz poprawną niwelację terenu utwardzonego, ułatwiającą jego odwodnienie. Przewidziano nawierzchnię chodnika z atestowanej kostki brukowej wibroprasowanej o grubości 6 cm oraz podwyższonej szorstkości. Kostki zostaną ułożone na warstwie piasku o grubości 10 cm, natomiast krawężniki betonowe o wymiarach 8/20 cm na 4 cm warstwie podsypki piaskowej.

12.3. Podstawowe warunki środowiskowe

12.3.1. System korzeniowy roślin

System korzeniowy roślin odgrywa zasadniczą rolę dla jej części nadziemnej, ponieważ jest jej organem pokarmowym i jednocześnie systemem stabilizującym roślinę w gruncie. System ten ulega stałemu rozwojowi przestrzennemu. System korzeniowy, czy inaczej bryła korzeniowa, należy potraktować łącznie z bezpośrednio przylegającą do korzeni glebą. Wielkość bryły korzeniowej zależy w głównej mierze od warunków hydrologicznych i porowatości gleby. Czynniki utrudniające jej prawidłowy rozwój to m.in.:

- niedobór wody – przyczyną jest nadmiernie zagęszczony grunt, nawierzchnia nieprzepuszczalna dla wody o szybkim spływie powierzchniowym wody opadowej, zbyt niski poziom zwierciadła wody gruntowej, częściowo lub całkowicie zasłonięte powierzchnie gruntu, np. przez elementy konstrukcyjne obiektów,
- brak powietrza w glebie – przyczyną jest zmniejszona aeracja gleby na skutek jej zagęszczenia,
- brak składników pokarmowych w glebie – spowodowany m.in. powstrzymaniem naturalnego procesu tworzenia się humusu, nieodpowiednim pH gleby itd.,
- ograniczenie przestrzeni korzeniowej – poprzez bliskość elementów budowlanych i instalacji podziemnych,
- niska wilgotność powietrza – przyczyną jest zmniejszone parowanie przy glebie o małej retencji, natomiast podwyższona temperatura gleby ogranicza powstawanie rosy w nocy,
- uszkodzenia mechaniczne – powstające w wyniku prowadzenia prac w pobliżu roślinności.

12.3.2. Bilans wodno-powietrzny w glebie

Głównym źródłem wody w glebie są opady atmosferyczne. Woda opadowa pod wpływem sił grawitacji przenika w głąb ziemi i gromadzi się na warstwie nieprzepuszczalnej. Pewna część wody wypełnia przestrzenie istniejące między cząstkami glebowymi, tworząc wodę błonkową na agregatach gruntowych. Wodę tę z łatwością pobierają włosniki korzeniowe roślin. W glebie o strukturze rozluźnionej, gdzie przestrzenie międzycząsteczkowe są większe, występuje tzw. woda wolna, która przenika w głąb ziemi. Zdolność gleby do zatrzymywania określonej ilości wody nazywa się pojemnością wodną. Nasylenie gleb piaszczystych wodą do głębokości 25 cm wymaga około 30 mm opadów, czyli około 30 dm³ wody na 1 m² powierzchni. Do nasylenia gleby gliniastej do tej samej głębokości potrzeba około 60-90 mm opadów. Woda opadowa po wsiąknięciu w glebę dobrze rozpuszcza znajdujące się w niej sole mineralne oraz tworzy wodny roztwór glebowy. Dawka wody jest wtedy skuteczna, gdy dostarczana jest w takiej ilości, żeby przeniknąć do strefy najdrobniejszych korzeni.

Powietrze w glebie zajmuje wszystkie wolne przestrzenie pomiędzy cząsteczkami glebowymi. Dla rozwoju roślin niezbędna jest pewna ilość powietrza w glebie, którą można uzyskać poprzez przewietrzanie gleby. Czynniki umożliwiającymi przewietrzanie gleby są m.in. aeracja mechaniczna, biologiczna, a także woda opadowa, która, przesączaając się do gruntu, wymusza w nim wymianę gazową.

12.4. Nawierzchnie ciągów pieszych

12.4.1. Nawierzchnie niestabilizowane i stabilizowane

Ciągi piesze na plantach posiadają nawierzchnię gruntową niestabilizowaną. Taki rodzaj nawierzchni najlepiej sprawdza się na terenach o niewielkiej intensywności ruchu, ponieważ jest częścią gruntu rodzimego i wykazuje cechy biotyczne. Duże rozluźnienie struktury gleby umożliwia łatwe wchłanianie wody opadowej, a tym samym odpowiednie nawadnianie i napowietrzanie systemów roślinnych. Jednak w opracowywanym przypadku mamy do czynienia z terenem ogólnodostępnym, który ze względu na historyczny charakter założenia jest i powinien być miejscem często odwiedzanym, szczególnie przez mieszkańców miasta. Jednocześnie planty tworzą ważny dla centrum miasta ciąg komunikacyjny. W stosunku do nawierzchni terenów ogólnodostępnych stawiane są pewne wymagania stanowiące o ich wartości i przydatności [18]. Podstawowym wymaganiem jest dostępność i możliwość użytkowania przez cały rok. Czynniki atmosferyczne nie powinny wpływać na jakość nawierzchni, a jej użytkowanie nie powinno powodować trwałych odkształceń zmniejszających jej wartość użytkową [30, 54]. Nawierzchnia powinna być gładka, ale nie śliska, a płaszczyzna nawierzchni pozioma bez pofałdowań. Użyte materiały nie mogą być zbyt rozdrobnione, łatwo ścieralne i pyłące. Jest to szczególnie istotne, gdy użytkownikami są osoby niepełnosprawne.

Projektując nawierzchnię, należy brać pod uwagę konieczność zachowania równowagi biologicznej, nie tylko pod nawierzchnią, ale także w najbliższym jej otoczeniu. Nawierzchnie gruntowe nie mogą w pełni zapewnić spełnienia przedstawionych warunków, ponieważ:

- nie są w pełni dostępne przez cały rok, rozmakają, pylą, a także występują poważne kłopoty z utrzymaniem odpowiednich spadków poprzecznych i podłużnych, które są szczególnie istotne przy stosunkowo długich ciągach pieszych, w związku czym często utrzymuje się woda, która z trudnością wsiąka w ubitą glebę,
- użytkowana mechanicznie powierzchnia wykazuje cechy martwicze, pozbawiona jest warstwy akumulacyjnej, składników pokarmowych oraz ma małą pojemność wodno-powietrzną. Gleby takie są bardzo zwarte, co powoduje obniżenie ich natlenienia do nawet 15% oraz wzrost wartości dwutlenku węgla do ponad 6%. Ponadto wilgotność gleb ubitych zmniejsza się o około 20% w stosunku do gleb zadarnionych.

Uwzględniając powyższe uwagi, należy stwierdzić, że utrzymywanie w dobrej kondycji nawierzchni gruntowej w połączeniu z jej wysoką funkcjonalnością użytkową i w odpowiedniej równowadze przyrodniczej jest niezwykle trudne [1, 55]. Dlatego w przypadku omawianych terenów, na plantach powinno się skorzystać z innych rozwiązań. Projekt modernizacji ciągów pieszych zakłada wymianę nawierzchni gruntowej na nawierzchnię twardą, nieulepszoną. W tym

celu proponuje się ułożenie kostki brukowej na podsypce piaskowej o grubości 10 cm. Rozwiązanie to pozwala na skuteczne utwardzenie terenu przy jednoczesnym spełnieniu minimalnych warunków egzystencji i rozwoju szaty roślinnej w bezpośrednim sąsiedztwie nawierzchni. Powstała w ten sposób nawierzchnia posiada liczne szczeliny umożliwiające swobodny dopływ wody i powietrza, jednak szczeliny pomiędzy kostkami nawierzchni nie powinny być większe niż 2 cm. Jest to związane z możliwością użytkowania ciągów pieszych przez osoby o laskach lub kulach oraz poruszających się na wózkach inwalidzkich. To samo dotyczy różnic poziomów na ścieżkach i przejazdach (rys. 92).



Rys. 92. Dopuszczalne wielkości szczelin i uskoków na ciągach pieszych

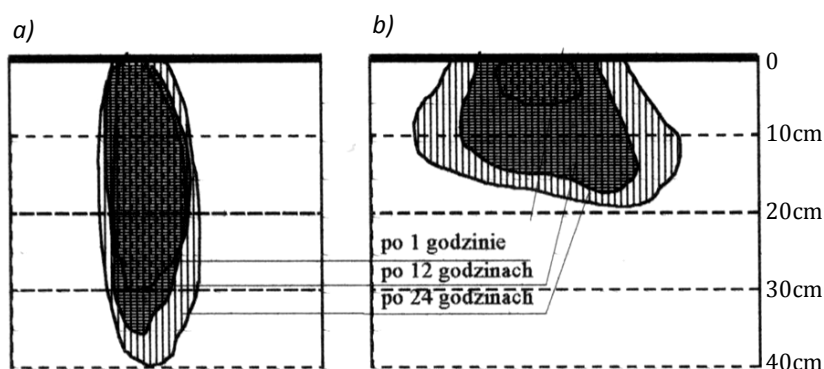
Przedstawione wymogi, co do równowagi biologicznej powiązanej z bezpiecznym, całorocznym użytkowaniem, wykluczają zastosowanie innego rodzaju nawierzchni np.:

- nawierzchni trawiastych wzmocnianych z wykorzystaniem płyt betonowych lub z tworzyw sztucznych, które posiadają liczne otwory wypełnione ziemią urodzajną z utrzymaną roślinnością trawiastą. Takie rozwiązanie, choć najlepsze pod względem środowiskowym, może być zastosowane tylko na podjazdy do garażu, parkingi oraz w celu stabilizowania skarp osuwających się nasypów,
- nawierzchni twardych ulepszonych, do których należą nawierzchnie betonowe i różne nawierzchnie o spoiwie bitumicznym. Jest to wygodny rodzaj pokrycia, który praktycznie może w znacznym stopniu ograniczyć czynności związane z utrzymaniem nawierzchni w czystości, co szczególnie dotyczy samoistnego rozwoju roślin w szczelinach nawierzchni. Jednak jest to rozwiązanie najmniej korzystne z punktu widzenia równowagi biologicznej. Nawierzchnia taka jest całkowicie nieprzepuszczalna dla wody i powietrza. Powoduje to stopniową degradację, przesuszenie terenu pod i w otoczeniu nawierzchni, co w konsekwencji prowadzi do zamierania roślin. Z reguły w takich warunkach zmniejsza się system korzeniowy nawet o około 25% oraz grubość pierścieni rocznych przyrostów u drzew nawet o ponad 80%. Należy także pamiętać, że wykonanie tego rodzaju nawierzchni wymaga zebrania ok. 30-40 cm warstwy gleby, co może się wiązać z uszkodzeniem części podziemnych roślin. Uszkodzeniem takim jest zarówno bezpośrednie przycięcie korzeni, jak i pozostawienie ich przez dłuższy czas w stanie odkrytym. Jest to szczególnie istotne w okresie upałów i suszy oraz w okresie mrozów powodujących przemrożenie systemu korzeniowego.

12.4.2. Nawierzchnie z kostki brukowej

Kostki brukowe betonowe wibroprasowane mają grubość 6 cm i są wyposażone w specjalne elementy dystansujące odległość między nimi podczas układania, co ułatwia wykonanie nawierzchni i tworzenie pomiędzy nimi szczelin. Beton jest materiałem nasiąkliwym przez co wykonane z niego kostki mogą także zatrzymywać zanieczyszczenia podczas przesiąkania przez nie wody opadowej, a także po opadach zatrzymują przez pewien czas wilgoć, oddając ją w okresie suchym [60]. Odległość między kostkami nie powinna przekraczać 2 cm i powinna być wypełniona piaskiem gruboziarnistym. Warstwa podkładowa o grubości 10 cm także powinna być z piasku gruboziarnistego. Wnikanie piasku do szczelin można ułatwić m.in. przez polewanie wodą, czyli tzw. zamulanie. Użycie gruboziarnistego piasku zapewnia łatwe przenikanie wody i powietrza pod nawierzchnię. Stosunek objętości piasku wilgotnego po spulchnieniu do objętości pierwotnej wynosi 1,20-1,20, a stosunek objętości piasku wilgotnego spulchnionego, a następnie zagęszczonego (również wskutek osiadania) do objętości pierwotnej wynosi 1,01-1,025. Piasek nie zmniejsza swojej objętości na tyle, aby współczynnik porowatości osiągał niskie wartości, dzięki czemu ograniczone jest niepożądane zjawisko ubicia warstwy podkładowej.

W warstwie piasku woda znacznie szybciej i głębiej przedostaje się do niżej położonych warstw. Przykładem może być porównanie gleby piaszczystej z glebą gliniastą [9, 60] (rys. 93).



Rys. 93. Porównanie szybkości wsiąkania i sposobu rozchodzenia się tej samej ilości wody: a) w glebie piaszczystej, b) w glebie gliniastej

Warstwa podsypki piaskowej stanowi warstwę, która spełnia trzy funkcje:

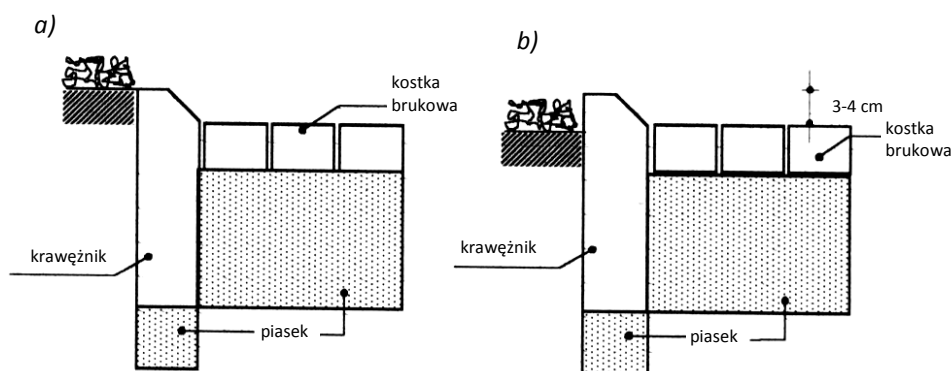
1. ułatwia ułożenie kostek brukowych, ponieważ łatwo się zagęszcza, co zapobiega odkształceniom nawierzchni,
2. łatwo i szybko przepuszcza wodę w głąb gruntu, co jest szczególnie istotne przy krótkotrwałych i intensywnych opadach deszczu,

- ogranicza parowanie, ponieważ na skutek swojej struktury utrudnia podciąganie wody gruntowej ku górze w okresie braku opadów. Należy pamiętać, że intensywność parowania zależy przede wszystkim od niedosytu wilgotności względnej powietrza, temperatury i ruchu powietrza, a także wilgotności oraz rodzaju gleby oraz rodzaju pokrycia jej powierzchni.

12.4.3. Krawężniki

Krawężniki spełniają wiele funkcji, stanowiąc nierozłączną całość większości nawierzchni. Przede wszystkim wzmacniają mechanicznie brzeg nawierzchni, ułatwiają zbieranie i odprowadzanie wód opadowych, wyznaczają brzeg i podkreślają linię drogi, a także utrudniają zarastanie nawierzchni. Najlepiej wyglądają nawierzchnie płaskie dobrze powiązane z płaszczyznami otoczenia. Łatwiejsze jest wówczas ich koszenie i utrzymanie.

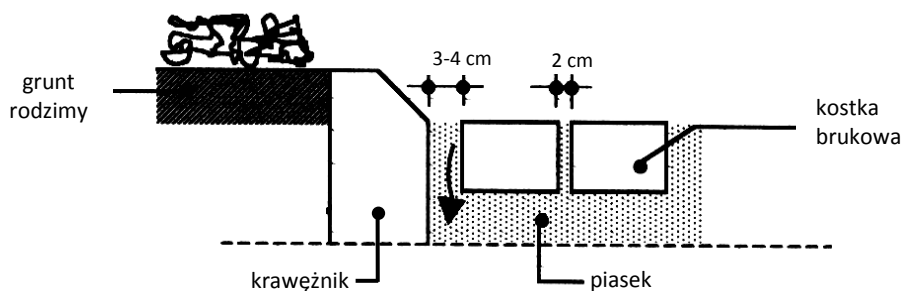
Przy projektowaniu i wbudowywaniu krawężników należy uwzględnić sposób osadzenia obrzeży, co jest związane przede wszystkim z głębokością posadowienia. Fundamenty typu lekkiego, niewymagającego osadzenia na podłożu betonowym tylko piaszczystym, podczas prac należy zachować ostrożność przy wymianie obrzeży istniejących z uwagi na to, że czynność ta wymaga wkopania się w głąb gruntu na głębokość około 25 cm, gdzie można napotkać fragmenty systemu korzeniowego starodrzewu, które można łatwo uszkodzić. Na rysunku 94. przedstawiono dwa sposoby osadzenia krawężnika względem dwóch różnych, co do funkcji powierzchni.



Rys. 94. Warianty umieszczenia krawężnika względem nawierzchni trawiastej i utwardzonej

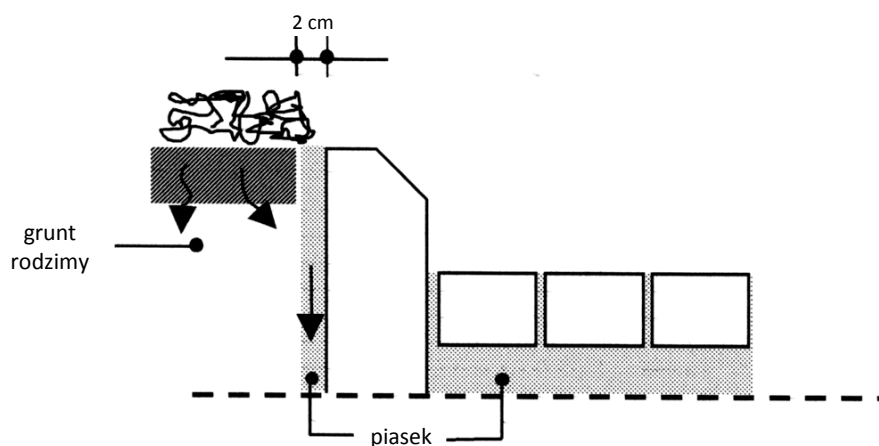
Korzystniejszy układ występuje w przykładzie A (rys. 94) ponieważ poprawia estetykę założenia i ułatwia utrzymanie trawnika, wymaga to jednak wyższego poziomu nawierzchni trawiastej w stosunku do bruku. Wystający ponad poziom terenu krawężnik przede wszystkim uniemożliwia osobie niepełnosprawnej zejście lub zjechanie na tereny nieutwardzone. Zabezpiecza także przed zale-

waniem podczas opadów atmosferycznych sąsiadujących z ciągami pieszych trawników. Przy gwałtownych opadach duże ilości wody dynamicznie dostające się na tereny zieleni mogą doprowadzić do zmywania gruntu. Należy jednak przewidzieć możliwość przedostawania się części wody opadowej z nawierzchni utwardzonej na tereny nieutwardzone. W tym celu powinno się poszerzyć szczelinę pomiędzy krawężnikiem, a kostkami brukowymi do 3-4 cm (rys. 95).

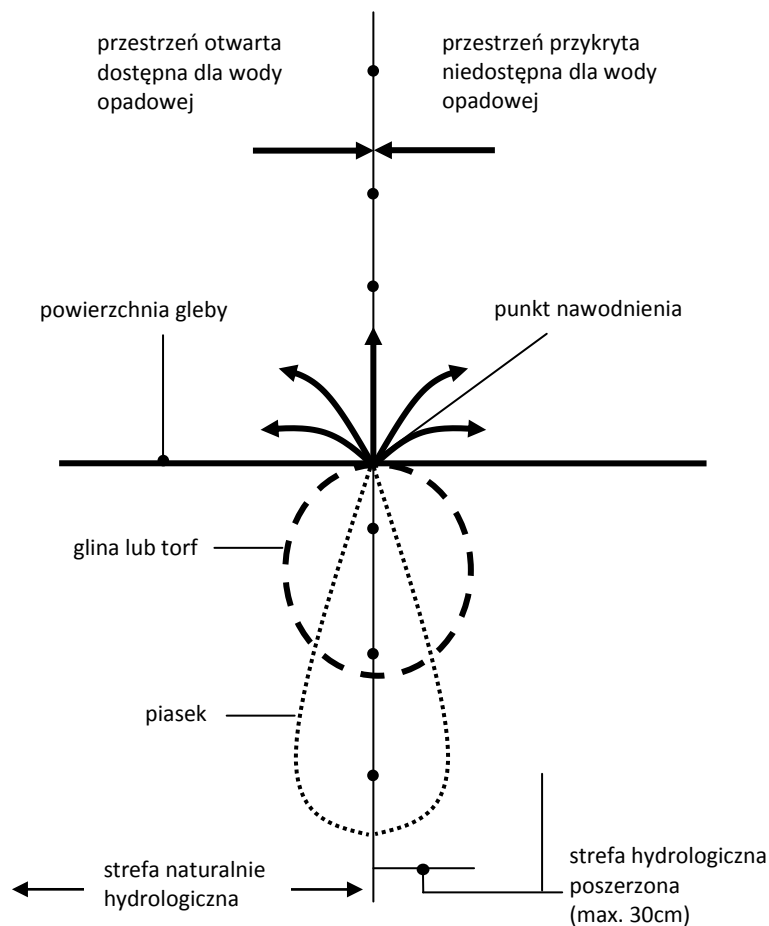


Rys. 95. Szczelina ułatwiająca wsiąkanie wody powierzchniowej

Elementem dodatkowo wpływającym pozytywnie na poprawę warunków wodno-powietrznych w gruncie pokrytym kostkami brukowymi jest umieszczenie 2 cm warstwy piasku przy krawężniku od strony gruntu nieutwardzonego (rys. 96). Dzięki temu woda z przestrzeni otwartej może przedostawać się pod część utwardzoną. Strefa wpływu jest ograniczona do około 30 cm (rys. 97). Warstwa piasku po zewnętrznej stronie krawężnika, czyli od strony gruntu rodzimego, sprzyja szybkiemu przechwytywaniu wody i odprowadzaniu jej w głąb strefy zakrytej [37].



Rys. 96. Warstwa piasku ułatwiająca ruch wody powierzchniowej

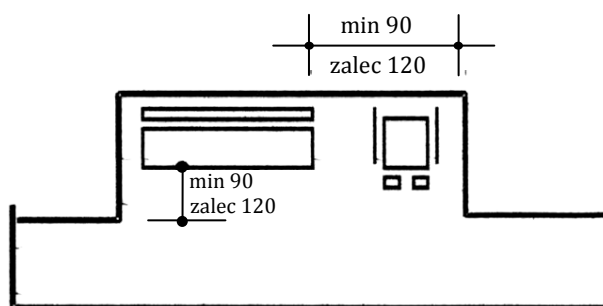


Rys. 97. Wpływ rodzaju gleby na sposób rozchodzenia się wody oraz zjawisko poszerzania zakresu strefy hydrologicznej pod nawierzchnią

12.5. Podsumowanie i wnioski

Zastosowane w projekcie rozwiązania przedstawiające zmianę nawierzchni w obrysie plant należy uznać za właściwe. Użyty materiał i sposób wykonania modernizacji nie powinien wpłynąć negatywnie na istniejący stan środowiska, a wręcz może przyczynić się do jego poprawy. Zgodnie z wytycznymi do projektowania ulic szerokość pasa zieleni zapewniająca wystarczające warunki wegetacji i pielęgnacji ciągu zieleni wysokiej na trawniku wynosi minimum 2,5 m, natomiast odległość drzew od krawędzi ścieżek parkowych powinna wynosić 0,75 m.

Jednocześnie należy stwierdzić, że oddzielnej analizy wymaga ustalenie spadków poprzecznych i podłużnych nawierzchni. Jest to związane z długimi, prawie 80 m ciągami komunikacyjnymi. Przy znacznych opadach nagromadzona na takiej przestrzeni woda musi być odbierana punktowo wzdłuż całego ciągu. Przy okazji wymiany nawierzchni powinno się przystosować podjazdy i zjazdy na planty dla osób niepełnosprawnych. Szerokość ta powinna wynosić 120 cm, a podjazd powinien mieć podwyższone obrzeża do 7 cm. Nachylenie pochylni nie może przekroczyć 15% przy różnicy poziomów do 15 cm, a przy różnicy do 50 cm – 8%. Nawierzchnia pochylni powinna być wykonana z materiałów dających szorstką i przeciwpoślizgową powierzchnię. Z uwagi na długość ciągu komunikacyjnego należy wykonać dwa miejsca do odpoczynku dla osób na wózkach inwalidzkich [19, 46, 52]. W tym celu należy poszerzyć istniejące miejsca do odpoczynku o 90-120 cm (rys. 98).



Rys. 98. Przykład miejsca do odpoczynku przy ciągu pieszym

Wymiana nawierzchni ułatwi komunikację w okresie całorocznym, dobrze wkomponuje się w otoczenie, zarówno co do barwy, jak i kształtu. Analiza potrzeb wegetacyjnych roślin, materiału nowej nawierzchni oraz sposobu jej ułożenia sprawia, że nawierzchnia z kostek betonowych nie pogorszy warunków siedliskowych starodrzewu, a wręcz przeciwnie, może przyczynić się do ich polepszenia.

Zieleń rosnąca na terenach rozwijających się dynamicznie aglomeracji miejskich jest szczególnie narażona na zmianę warunków siedliskowych [5, 12]. W związku z tym, należy dołożyć wszelkich starań, aby umiejętnie i bez szkody dla zieleni wprowadzać nowe rozwiązania przestrzenne. Zieleń odgrywa bardzo ważną rolę w systemie miejskim, ponieważ spełnia nie tylko funkcje estetyczne i wypoczynkowe, ale także funkcje zdrowotne.

Zakończenie

Celem niniejszego opracowania jest zwrócenie uwagi na tereny zieleni, jako fundamentalne elementy zagospodarowania przestrzennego w krajobrazie terenów inwestycyjnych. Zieleń nie może być projektowana i sadzona w sposób przypadkowy, a wręcz przeciwnie, z dużym znawstwem tematu i w ujęciu interdyscyplinarnym. Zieleń rosnąca wśród terenów zurbanizowanych nie może ograniczać ani utrudniać rozwoju przestrzennego, powinna natomiast podkreślać, upiększać, łągodzić i wiązać ze sobą różne elementy zagospodarowania przestrzennego, przy jednoczesnym zachowaniu odpowiednich warunków siedliskowych niezbędnych dla prawidłowego jej rozwoju.

Zieleń w ujęciu interdyscyplinarnym wykracza poza pojęcia zagospodarowania przestrzennego i kształtowania krajobrazu. Projektując zieleni należy przewidzieć jej współistnienie z gęstą infrastrukturą techniczną nadziemną oraz podziemną. Dotyczy to szczególnie nowych nasadzeń, będących w fazie intensywnego wzrostu. Tereny zieleni, kształtując warunki makro- i mikroklimatyczne, biorą także czynny udział w tworzeniu wielu rozwiązań wspólnych dla kształtowania środowiska i fizyki budowli. Właściwe zazielenienie działki wraz z odpowiednimi rozwiązaniami architektonicznymi i konstrukcyjnymi obiektu, stwarza dobre warunki do minimalizowania strat energii przez przegrody budowlane przy jednoczesnym pozyskiwaniu energii ze źródeł odnawialnych.

Prawdziwym wyzwaniem dla projektanta jest projektowanie terenów zieleni w obrębie małych działek. Powierzchnia zabudowy obiektu, linie rozgraniczające, przyłącza wodne, kanalizacyjne i energetyczne, instalacje zewnętrzne, takie jak drenaże, nawodnienie terenu, sterowanie bramą wjazdową czy instalacja odgromowa, stanowią poważne utrudnienie w projektowaniu zazielenienia działki. W takiej sytuacji należy projektować zazielenienie w ujęciu ogólnym, tzn. łącząc niewielkie powierzchnie przewidziane na zieleni w ramach jednej małej działki w większą całość. Dzięki temu teren przewidziany pod zieleni zaczyna odgrywać znaczącą rolę w kształtowaniu warunków środowiskowych.

Należy również pamiętać, że zagadnienia dotyczące przepisów i norm wymagają systematycznej i ciągłej aktualizacji.

Literatura

- [1] Adamski W. i inni: *Małe budownictwo wodne na wsi*, Arkady, Warszawa 1986.
- [2] Allen P.: *Procesy kształtujące powierzchnię ziemi*, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 2000.
- [3] Bac S. i in.: *Podstawy produkcji roślinnej*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1999.
- [4] Bencat F. i in.: *Rola roślinności i gleby w kształtowaniu środowiska życia człowieka na terenach wiejskich*, Wydawnictwo PWRiL, Warszawa 1988.
- [5] Borcz Z.: *Elementy projektowania zieleni*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Wrocław 2002.
- [6] Borcz Z.: *Infrastruktura terenów wiejskich*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Wrocław 2002.
- [7] Celadyn W.: *Architektura a systemy roślinne*, Politechnika Krakowska, Kraków 1992.
- [8] Chowaniec M.: *Zarys teorii i zasad kształtowania osiedli i terenów wiejskich*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1986.
- [9] Czerwieniec M., Lewińska J.: *Zieleń w mieście*, Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Warszawa 1996.
- [10] Engel Z.: *Ochrona środowiska przed drganiem i hałasem*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
- [11] Fortini J.: *Wpływ rzeźby terenu i zabudowy na kształtowanie się warunków klimatu lokalnego*, Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa 1985.
- [12] Fox U.: *Techniki instalacyjne w budownictwie mieszkaniowym*, Arkady, Warszawa 1998.
- [13] Fuliński J.: *Inżynieria wodna*. Akademia Rolnicza, Wrocław 1998, (maszynopis).
- [14] Giżycki K.: *O przyozdobieniu siedlisk wiejskich*, Warszawa 1827.
- [15] Jeż J.: *Przyrodnicze aspekty bezpiecznego budownictwa*, WPP, Poznań 1995.

- [16] Karpiński M.: *Instalacje gazu*, WSiP, Warszawa 1987.
- [17] Klemm P. i inni: *Budownictwo ogólne. Fizyka budowli*, t. 2, Arkady, Warszawa 2005.
- [18] Korzeniewski W.: *Budownictwo mieszkaniowe*, Arkady, Warszawa 1989.
- [19] Korzeniewski W.: *Odległości w zabudowie i zagospodarowaniu terenu*, Wydawnictwo Centralnego Ośrodka Informacji Budowlanej, Warszawa, 2004.
- [20] Korzeniewski W.: *Warunki techniczne dla budynków i ich usytuowanie*, Wydawnictwo PUWHiP POLCEN, Warszawa 2009 (Przepisy techniczne 2012).
- [21] Kotarscy A. i Z.: *Ogrzewanie energią słoneczną. Systemy pasywne*, Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych NOT-SIGMA, Warszawa 1989.
- [22] Kremer B. P.: *Drzewa i krzewy*, Oficyna Wydawnicza MULTIKO, Warszawa 1995.
- [23] Laskowski L.: *Wybrane zagadnienia z fizyki miasta*, Wydawnictwo Centralnego Ośrodka Informacji Budowlanej, Warszawa 1987.
- [24] Lisik A. i inni: *Odnawialne źródła energii w architekturze*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
- [25] Łukasiewicz A.: *Dobór drzew i krzewów dla zieleni miejskiej środkowo-zachodniej Polski*, Wydawnictwo Uniwersytetu im. A. Mickiewicza, Poznań 1995.
- [26] Malczyk T.: *Modernizacja zabytkowych ciągów pieszych na przykładzie XIX wiecznych plantów w Rawiczu*, [w:] *Problemy dziedzictwa kulturowego w architekturze*, red. T. Drewniak, B. Szuba. Oficyna Wydawnicza PWSZ w Nysie, Nysa 2005.
- [27] Malczyk T.: *Ostony akustyczne w krajobrazie wsi podmiejskich*. IX Konferencja Naukowa pn. *Wieś Polska w Nowym Stuleciu*. Białystok-Wigry 2000.
- [28] Malczyk T.: *Projektowanie zieleni w pobliżu cieków wodnych na przykładzie miejscowości Jarnoltówek i Pokrzywna*, IX Forum Architektury Krajobrazu, Szczecin 2006.
- [29] Malczyk T.: *Zazielenienie działki siedliskowej – przyjęcie modelu działki oraz studium projektowe*, [w:] „Acta Scientiarum Polonorum”, tom 1, Przew. Rady Naukowej prof. dr hab. Żróbek, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2002, s. 127-134.

- [30] Malczyk T.: *Zazielenienie działki siedliskowej – projekt zieleni*, [w:] „Acta Scientiarum Polonorum”, t. 2, Przew. Rady Naukowej prof. dr hab. Żróbek, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2003, s. 73-80.
- [31] Malczyk T.: *Zieleń jako ochrona wiejskiego budownictwa mieszkaniowego przed uciążliwościami komunikacyjnymi*, VII Konferencja Naukowa, Przew. Komitetu Naukowego prof. dr hab. inż. arch. W. Czarnecki, Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 1998, s. 194-199.
- [32] Malczyk T.: *Zieleń w krajobrazie osiedli wiejskich jako element kształtujący warunki siedliskowe*, [w:] *Architektura i technika a zdrowie*, Przew. Komitetu Naukowego prof. dr hab. inż. arch. J. Włodarczyk, Gliwice 2004, s. 195-201.
- [33] Malczyk T.: *Zieleń w obrębie działki siedliskowej*, [w:] Konferencja Naukowo-Techniczna, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Redaktor Naczelny dr hab. inż. J. Sobota, zeszyt nr 338, Konferencje XX, Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Wrocław 1998, s. 210-224.
- [34] Małachowicz E.: *Ochrona środowiska kulturowego*, tom I, PWN, Warszawa 1988.
- [35] Mikoś J.: *Budownictwo ekologiczne*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
- [36] Niemirski W.: *Kształtowanie terenów zieleni*, Arkady, Warszawa 1973.
- [37] Nowak Z. i in.: *Wymagania, ukierunkowania oraz zasady kształtowania terenów rekreacji i sportu w dostosowaniu do potrzeb osób niepełnosprawnych*, Centralny Ośrodek Badawczo-Projektowy Budownictwa Ogólnego, Warszawa 1997
- [38] Nowakowski Z.: *Normy, wskaźniki i informacje dla potrzeb planowania przestrzennego. Tereny zieleni i sportu*, IGPIK, Warszawa 1987.
- [39] Orzeszek-Gajewska B.: *Kształtowanie terenów zieleni w miastach*, PWN, Warszawa 1982.
- [40] Ostrowska M., Sitarski M.: *Metoda oceny degradacji gleb osiedli mieszkaniowych oraz określenie zasad przebudowy istniejącej szaty roślinnej w dostosowaniu do warunków glebowych*, IGPIK, Warszawa 1990.
- [41] Piątkowska K.: *Kształtowanie obiektów i zespołów usługowych. Zieleń i wypoczynek*, Wydawnictwo Instytutu Kształtowania Środowiska, Warszawa 1983.

- [42] Pogodziński Z.: *Planowanie przestrzenne terenów wiejskich*, PWN, Warszawa 1997.
- [43] Pogorzelski J.: *Fizyka budowli*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1979.
- [44] *Poradnik dla niepełnosprawnych*, red. M. Warowna, Wydawnictwo Muza S.A., Warszawa 1996.
- [45] Reid A., Howarth P.: *Dom dla alergika*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 2002.
- [46] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002, nr 75 poz. 690).
- [47] Rzymkowski A., Chowaniec M.: *Ruralistyka*, Arkady, Warszawa 1972.
- [48] Sadowski J.: *Podstawy akustyki urbanistycznej*, Arkady, Warszawa 1982.
- [49] Siewniak M.: *Zabezpieczenie drzew na placu budowy*, Komunikaty dendrologiczne Nr 19, Zarząd Ochrony i Konserwacji Zespołów Pałacowo-Ogrodowych, Warszawa 1991.
- [50] Sitko M.: *Góry Opawskie*, Wydawnictwo „Aneks”, Prudnik 1998.
- [51] Siuta J., Łącka-Pilaszek B., SitarSKI M., Świeżyńska K.: *Modyfikacja doboru drzew w warunkach miejskich*, SGGW, Warszawa 1990.
- [52] Stefańczyk B. i in.: *Budownictwo ogólne. Materiały i wyroby budowlane*, t. 1, Arkady, Warszawa 2005.
- [53] Twardowski M.: *Słońce w architekturze*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1996.
- [54] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. *Prawo ochrony środowiska*, (Dz.U. 2001, nr 62 poz. 627)
- [55] Ustawa z dnia 21 marca 1985 r., *o drogach publicznych* (Dz.U. 2004, nr 204, poz. 2086, z późn. zm.)
- [56] Wasilewska I.: *Ogrodzenia – potrzeba biologiczna czy społeczna?* Miesięcznik „Aura” 1996, s. 16-17.
- [57] Wiłun Z.: *Zarys geotechniki*, WKŁ, Warszawa 2003.
- [58] Yoshiaki N.: *Noise Induced Hearing Loss*, “Earing Rehabilitation Quarterly” 1999, Volume 24, No. 1.
- [59] Zachariasz A.: *Tereny zieleni miejskiej – aspekty architektoniczno-planistyczne. Architektura krajobrazu a planowanie przestrzenne*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2001.
- [60] Zdanowicz K., Monkiewicz S., Sama S. i in.: *Wytyczne projektowania ulic*, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 1992.

Źródła rysunków

Bac S. i in.: 54,
Borcz Z.: 1, 56,
Chowaniec M.: 33-34,
Czerwieniec M., Lewińska J.: 18,
Engel Z.: 29,
Fortini J.: 12, 16-17,
Karpiński M.: 55,
Korzeniewski W.: 28,
Kotarscy A. i Z.: 31-32, 35-36, 46,
Malczyk T.: 10, 14, 24, 40, 29-30, 47-53, 57-59, 60-62, 75-80, 81-88, 89-98,
Orzeszek-Gajewska B.: 2, 4, 8, 11, 13, 15-17, 19-23, 25, 39,
Poradnik dla niepełnosprawnych: 63-65,
Reid A., Howarth P.: 30,
Rzymkowski A., Chowaniec M.: 3, 5-7, 9, 26-27, 29, 41-43,
Siewniak M.: 69-74,
Twardowski M.: 38.

Źródła tabel

Engel Z.: 5,
Jeż J.: 13,
Korzeniewski W.: 8,
Łukasiewicz A.: 7,
Malczyk T.: 6, 9-12, 14
Nowakowski Z.: 14,
Orzeszek-Gajewska B.: 3-4,
Piątkowska K.: 2,
Zachariasz A.: 1.